風力在農業中的應用

A. B. 文切爾等著

科 學 出 版 社

65.48
122

風力在農業中的应用

A. B. 文切尔
E. M. 法捷耶夫 著
黄維式 譯

科学出版社
1956年11月

中國科學院圖書館
中科院植物所图书馆
S0019807

А. В. Винтер и Е. М. Фатеев

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭНЕРГИИ ВЕТРА В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Издательство Академии Наук СССР

內容提要

在农業中利用自然界的風力来作为农村动力的設备，对于远离工業城市的边远地区和新开垦的荒地，是有重大意义的。本書是介紹了苏联农業界在利用風力方面的許多先进經驗，如利用風力来碾磨粮谷抽水灌溉，發电等都有重要的成就。这是値得我們学習的。

此書可作为农業工作者的参考資料。

風力在农業中的应用

原著者	〔苏〕A.B.文切尔 E.M.法捷耶夫
翻譯者	黃　維　式
出版者	科学出版社 北京朝陽門大街117号 北京市書刊出版業营業許可証出字第061号
印刷者	上海大众文化印刷厂
总經售	新华書店

1956年11月第一版　　書号：0581　印張：3¼
1956年11月第一次印刷　　开本：850×1168　1/32
(滬)0001—3,665　　字数：78,000

定价：(10)0.55元

目　　錄

緒　論…………………………………………………………………………(1)
一. 風是能量的源泉…………………………………………………………(5)
(一)風的速度…………………………………………………………………(6)
(二)風力和風力發动机的功率………………………………………………(12)
(三)風速的頻度………………………………………………………………(15)
(四)怎样从波动的風力取得有用的功………………………………………(18)
二. 農業中所应用的現代風力發动机的型式和構造…………………………(20)
(一)决定对風力發动机的技術要求的条件…………………………………(20)
(二)ТВ-5 型多叶式風力發动机……………………………………………(22)
(三)УТВ-5 型多叶式風力發动机…………………………………………(22)
(四)ТВ-8型和 УТВ-8 型多叶式風力發动机……………………………(23)
(五)ВП-3 型和 ДДК-4 型多叶式風力發动机……………………………(27)
(六)高速風力發动机的構造…………………………………………………(32)
三. 風力裝置…………………………………………………………………(47)
(一)風力裝置的动力系数……………………………………………………(47)
(二)風力發动机和農業工作机的組合………………………………………(51)
(三)風力裝置的运行方式……………………………………………………(55)
(四)風力水泵裝置……………………………………………………………(62)
(五)运轉在飼料車間的風力裝置……………………………………………(71)
(六)風力裝置的功率决定……………………………………………………(73)
(七)風力裝置的运行指标……………………………………………………(78)
四. 从風力發动机运行經驗中得來的一些資料………………………………(81)

9510225 二

緒　論

在農業中利用風作为动力裝备，对於离开工業中心遙远的地区來說，有着重大的意义，而在許多情况下，对於靠近工業中心而年平均風速在 4.5—5 米/秒以上的地区來說，也是有重大的意义的。

在草原和半荒地区里开發荒地时，農業生產採用風力發动机和風力电气裝置，效果將会更其顯著。並且，这是很明顯的：在这些地区除風力外，实际上就沒有別的能源，而且經远距离來运送燃料和傳輸电能，在电力負載分散的場合也是有困难的。風力不僅在輸牧畜牧業組織基地的情况下，而且在灌溉的農業地区中都应廣泛地去利用。

在我們的國家里，風力的应用最近几年应当按照下列基本方向發展。

碾磨粮谷　这一类農業工作的机械化老早就利用風力發动机來实現了。手工業風磨在古老的俄罗斯已經廣泛地流行。將近250,000部風車在一年之中能磨出二十億普特左右的粮谷。

農村風磨的功率平均已达 4 千瓦左右。因而風磨总的裝置功率已有了 100 万千瓦，如果把水磨也估計在內，農村的碾磨裝置的总功率就等於 1,200,000 千瓦。

目前，粮谷加工主要是在由內燃机驅动的区域磨坊中進行的。

在大多数的情况下，集体農庄的庄員們不得不把谷物运送到很远的地方去碾磨。这样会使运輸的負担加重，而且还帶來無謂的損耗。如果在農庄中裝設了風磨，这就可以大大地改善粮谷碾磨的情况。我國畜牧事業的發展，也要求增加碾磨裝置的功率。碾磨飼料对畜牧場來說也是必需的。可以概括地估計，集体農庄式的風磨所需功率在目前应当是在 100 万仟瓦以上。

在使用現代化的風力發动机的基礎上，如果大量生產这样的發动机，这問題的解决在技術上是完全可能的。可惜我們的工業到現在为止还沒有能够把大量生產現代化的風力發动机的工作安排好。

从实际方面可以了解到：个别的風磨往往是供少数農庄使用的。在某些農村中，它們已經有好几十部。例如，基輔省的華西列也夫村中，在1918年以前已經有了80部風磨，其总功率达400馬力。这样数目的風磨是个体經济競爭的結果，从而造成風車的功率未能獲得充分利用的情况。如从集体農庄为了本身的需要而必須碾磨的粮谷数量來看，那末另一裝置所需功率約在10—20匹馬力之間（視集体農庄的需要量的大小而定）。

在風速为8米/秒的情况下，工厂目前所生產的Д-10型（功率7千瓦）、Д-12型（功率10千瓦）和Д-18型（功率25千瓦）的風力發动机都能够保証这种功率。

坡尔塔瓦州基良比尔特村的技师斯特勒列茨和基洛夫州云母鄉村苏維埃的技师尤琴采夫所建立手工業風磨也大約近於这样的功率。

为了直接在集体農庄中碾磨粮谷，需要生產近4万部Д-12型和Д-18型的風力發动机，以供沒有碾磨設备的農庄使用。这样就可以保証50%的集体農庄設有自备的風磨。

供水 目前在農業中比較重要的就是居民和畜牧場用水供应的机械化問題。

从衞生的观点來看，居民从露天水井、小河和池塘取水是应当受到禁止的。供水事業的組織工作不只限於打水方面的机械化。即使是裝置了結構最完备的風力發动机，这还僅是做到事情的一半。每一風力裝置还必須附設有相当流量的自流井。但是，这样还不是事情的全部。大家知道，往往可能一連几天沒有風。因此就需要預先为無風之日储备不少於兩晝夜的用水。为此，必須有容量不小於兩晝夜用水量的貯水箱。裝置具有相当功率的非風力的發动机，通常是一种最可靠的有备無患的方法。

每个農庄都应当根据農場、畜舍、工作隊、水源等的分佈情况，而設有好几部，用在供水方面的風力發动机。例如，在克拉斯諾达尔边疆区的几个集体農庄里，就設有5—8部TB-5型和TB-8型風力發动机供解决給水問題之用。因此，如果說在碾磨工作方面需要有近40,000部Д-12型和Д-18型風力發动机的話，那末在供水工作方面就需要有較此数目多好几倍的TB-5型和TB-8型風力發动机。供輪牧畜牧業用的Д-3型小型联动机不包括在此数之內。

有人曾經提出这样的意見，認为在集体農庄中似乎只需要平均功率近50千瓦的这种大型風力發动机，並且認为有了一台这样的裝置便可進行所有的農業工作，这样的意見应当說是錯誤的，是毫無根据的。我們認为：在農業中可以应用功率从1仟瓦到50仟瓦的各种風力發动机。功率小的可以用來运轉一台功率不大的机器（如風力水泵联动机，風力充电联动裝置等），至於功率达50仟瓦的大型發动机，則可以用來运轉整套机器，例如，在畜牧場里就需要用Д-12型和Д-18型風力發动机。

灌溉工作也可以用風力發动机來進行。为了進行灌溉工作应当选用这样一种类型的風力發动机，这种發动机在不做灌溉工作的季節里，可以用來做其他的工作，例如碾磨粮谷、电气照明等等。

由於灌溉上需要供应大量的用水，因而，也应該採用較大的風力發动机，例如，帶有机械傳动裝置的Д-12型和Д-18型風力發动机和帶有电力傳动裝备的IД-18型風力發动机。

为了不論在有風或者沒有風的时候都能及时地供应用水，就需要有貯水量不少於一次灌溉的貯水池。貯水池应当在灌溉季節开始以前灌滿。在灌溉季節里，風力發动机只用來补充水的消耗量。同时，为了保証水的自行流动，貯水池应該高出灌溉区的水平面。

沒有貯水池而單靠風力發动机來做灌溉工作，几乎是不可能的。可能因为風的变化無常，風力發动机对灌溉所需的水量是不能起保証作用的。

如果所灌溉的只是那些可以在不同的灌溉期內進行灌溉的農作

物，那末貯水池里即使沒有儲水也是行的。在这种情况下，随时都在运轉的風力發动机能够把水引到总水渠里，然后按照需要而將水从总水渠里引導到待灌漑的地区。

为了使飼料車間机械化，可以应用現有的 Д-18 型和ІД-18型風力發动机，如果一部發动机的功率不够，可以用几部風力發动机。

在年平均風速近 5 米/秒的地区，这种型式的風力發动机每年可以供应达 45,000 度的有效电能。这样的电量足以轉动供 300 头牛吃的飼料車間的全部机器。为了使电能供应不致中断，应当在風力裝置之外，另外添設备用的热力發动机。

供飼料車間用的風力裝置，其型式旣可以是机械傳动的，也可以是电力傳动的。全部工作如系集中在一处地方的話，可以用前一种型式。如果需要能量的机器是分散在各处的話，则应当使用后一种型式的——电力轉动的。

在畜牧業中需要有大量热能，因此，工業部門目前所制造的功率为 25 千瓦的蒸汽机可以作为適宜的儲备。对於很大的農庄得制造功率达 40 千瓦的裝置。

一．風是能量的源泉

为了使劳动机械化，在工業和農業中利用着三种主要的能量：从燃燒各种不同燃料所獲得的能量，水能和風能。

燃料是一种能量的源泉，它必需从地層中採掘出來，再运送到消費的地方而放在复雜的热力裝置中去燃燒。要利用河流的水力，必須建造巨大的建筑物——攔水壩。但是，風却到处都有。它是最容易碰到而最廉价的能源，既不需要燃料，也不需要运輸。風力發动机利用着气流的能量就可以帶动各种工作机。

不过，風力也有很大的缺点，这种缺点是它所特有的。其中主要的是：在空間上的分散和在时間上的不恒定。拿一立方米的水來說，它的重量是 1,000 公斤，而一立方米的空气在标准压力之下重却僅 1.29 公斤。因此，空气的密度差不多要比水的密度小到 800 倍。按照这样，集風机構——風力發动机的風輪在同一功率下也要比水輪机的水輪大許多倍。

風的不恒定是有着不同的情況：(1)当气流發生波动时，風速会在很短的时間間隔之內起变化。这种缺点在風力技術方面是可用各种調整机構來消除的，这种調整机構可使从風力發动机取得的机械能和电能，不是脉振的而对实际应用來說是平穩而適用的。(2)風速也可能在長的时間間隔之內变化。几个鐘头或几个晝夜內沒有風。这会使風力的有效利用問題复雜起來，甚至於某种程度內会限制了風力在具有时間間断性的生產过程的直接应用。

在農業中有着大量这样的工作，它們的生產过程是允許間断的。这些工作，不可能照生產品需用时間來進行。供应用水，碾磨谷物，採集牲畜飼料等工作的机械化允許在白天或夜間任何时候使用能量，这也就是說，使用能量可以按照所謂变动的負載曲綫。

要合理地利用風力，必須知道它作为能源的主要特点。对这个問題，我們的学者(M.M.波莫尔捷夫，H.B.克拉索夫斯基，M.E.格列涅維奇等)已提供了許多研究成就，並獲到了可以用來做所需的風力計算的原始資料。

这里所引用的只是从动力方面表达風力的基本数据，而这些数据是由整理气象資料而獲得的。

(一) 風的速度

風的速度可分为瞬时風速和平均風速兩种。在某一瞬时所观察到的風速称为瞬时風速。平均風速是定为某一个时間間隔之內所測



圖 1 測量瞬时風速的电动風速計

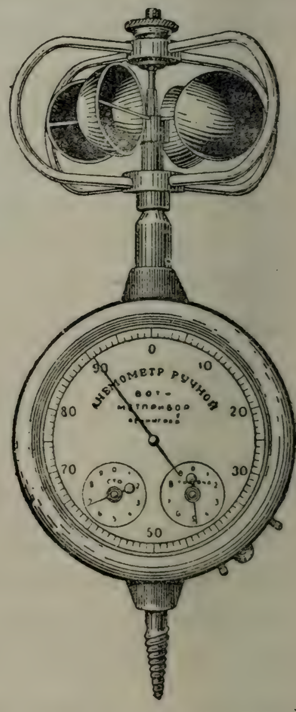


圖 2 測量平均風速的手动風速計

得的許多瞬时風速的算術平均数，即

$$v_{cp}=\frac{v_1+v_2+\cdots\cdots+v_n}{n},\qquad(1)$$

这里，v_1，v_2等是風的瞬时速度，

n 是測量瞬时風速的次数。

測量瞬时風速用电动的風速計（圖 1）。在某一个时間間隔之內的平均風速可用手动的風速計——“測距仪”（圖 2）來測量。風速的連續記錄可由風速自动記錄仪把它作出來。圖 3 所示的是一种叫做接触式的自动記錄風速計。它每經風所掠过的一定米数时，就把电流接通。每次接通接触都使記錄筆尖擺动，而在帶有鐘表机構的圓筒紙上画下階段形式的綫条。風速則由兩次接通接触所經歷的时間秒数除風所掠过的行程 S 來決定，即

$$v=\frac{S}{t}\text{米/秒}.$$

在时間 T 秒之內，如果風速計做了 n 次的接触接通，那末平均

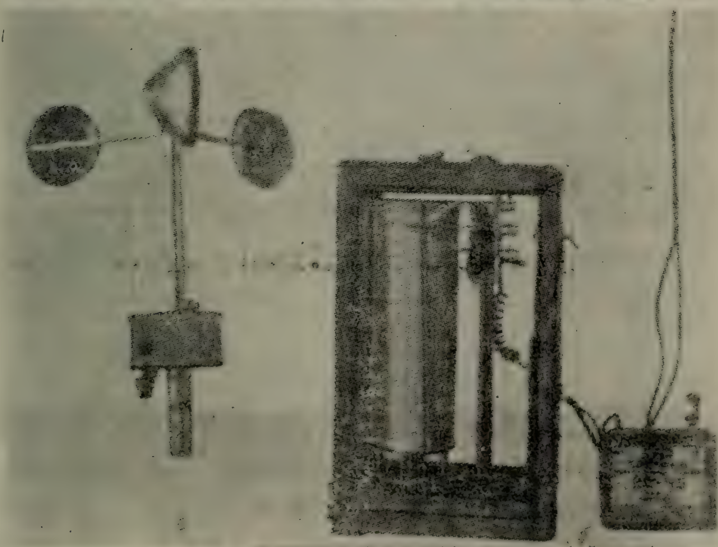


圖 3 自动記錄風速的風速計
（a）風杯；（$б$）記錄器跟蓄电池。

風速將等於:

$$v_{cp}=\frac{S\cdot n}{T}\text{米/秒},$$

S 是每兩次接触接通之間風的行程，这是可以从自动記錄的風速計記錄表上取得的。

把風速画成連續曲綫型式的風速自动記錄仪可作出顯明的風速波动的圖形。

在短时間間隔之內的風速变化，如圖 4 所示。这一風速曲綫是由風速自动記錄仪經 6 分鐘而記錄下來的。所示的特性曲綫表示出風是一种波动的气流。这是風力首要的缺点，而这缺点在目前風力技術是能够容易地加以克服的。

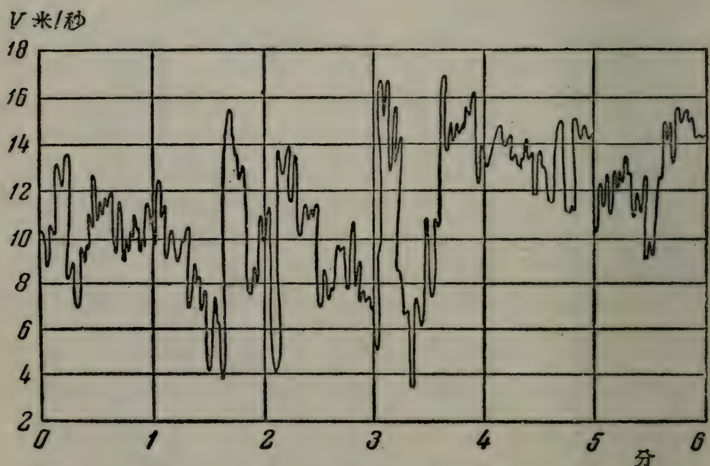


圖 4 風速的特性曲綫

实用上所感兴趣的是每小时的平均風速，因为它是可以按照風力發动机在这种風速下所發出的功來判断的。

在圖 5 中示出了在从 2.2 米/秒到 6.4 米/秒的各种不同日平均風速下的小时平均風速，这些日平均風速是風速計在高度为 20 米的位置上測得的。

大家都知道，風力發动机是在最小風速为 3 米/秒到 5 米/秒时开始运轉的。起动轉矩大的多叶式風力發动机在 3 米/秒的風速下开始运轉，而高速的少叶式風力發动机在 4 米/秒到 5 米/秒的風速下开始运轉。

圖 5 所示的水平虛綫表示在最小的运行風速下可以利用的只是那种速度,它的曲綫是高於这些水平虛綫的。

如果把最小的运行風速取作 3、4 和 5 米/秒,那末按照風速自动記錄仪的連續記錄，便可以得到下列关於每种最小运行風速的持續率跟小时平均風速相关的数据(表 1)。

表 1　运行風速的平均持續率跟小时平均風速的关系

最小的运行風速	小时平均風速				
米/秒	2 米/秒	3 米/秒	4 米/秒	5 米/秒	6 米/秒
	風速的持續率,以一小时内运轉几分鐘的数目表示				
3	5	25	50	60	60
4	0	5	20	50	60
5	0	0	3	20	50

从上表可以看到:在小时平均風速为 2 米/秒时，風力發动机在理論上僅能运轉 5 分鐘,如果它开始运轉於風速为 3 米/秒的話。因此,当小时平均風速为 2 米/秒和低於 2 米/秒时,对所有的風力發动机不运轉的速度都应加以計算。

当小时平均風速为 3 米/秒时,起动轉矩大的風力發动机在一小时内能运轉25分鐘,但是在 4 米/秒的風速下能够开始运轉的風力發动机,在这个小时平均風速时却只能运轉 5 分鐘。

当小时平均風速为 5 米/秒时,以 3 米/秒和 4 米/秒的風速开始运轉的風力發动机能够整个鐘点运轉,以 5 米/秒的風速开始运轉的風力發动机只能运轉20分鐘,但是当小时平均風速为 6 米/秒时，它差不多可以整个鐘点运轉。这些数据在决定風力發动机每小时或每

晝夜輸出能量的情况下是必須加以考慮的。

風速的不恒定会使風力的利用遭到一些困难。但是，在具备热力的或其他的备用裝置的情况之下，風力技術还是能够克服这个嚴重的缺点的。

在長时間間隔之內的風力变化已示於圖 6，这圖所示的是一个風輪直徑 $D=1$ 米的典型風力發动机以千瓦小时表示的輸出能量曲綫。其他直徑不同的風力發动机的輸出能量可由这曲綫上所示的輸出能量乘已知的直徑平方來求得，即

$$A=A_{rp}\cdot D^2\text{千瓦小时}.$$

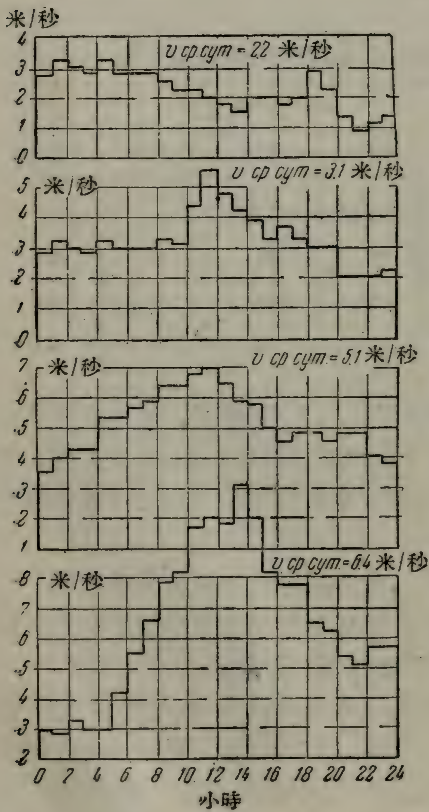


圖 5　一晝夜的風速变化过程

風速是按高度而变的　在計算能量时，必須指出風速究竟是在怎样的高度上测得的。考慮風速計的高度之所以重要是因为离开地面越远，由於地面对風行影响减小，气流的速度是按高度而增加的。不考慮指示風速的風速計所在的高度，就不可能作出各个地区的風速比較。例如，如果在 10 米高度上的風速等於 5 米/秒，那末在同一处的20米高度上的風速將是 5.8 米/秒左右。但是，風的能量大小是跟風速的立方成正比的，因此在能量上就有很大的差别，即

$$\frac{(5.8)^3}{5^3}=\frac{194}{125}=1.55.$$

这就是說，20 米高度上的風力要比10米高度上所獲得的風力

大55%左右。

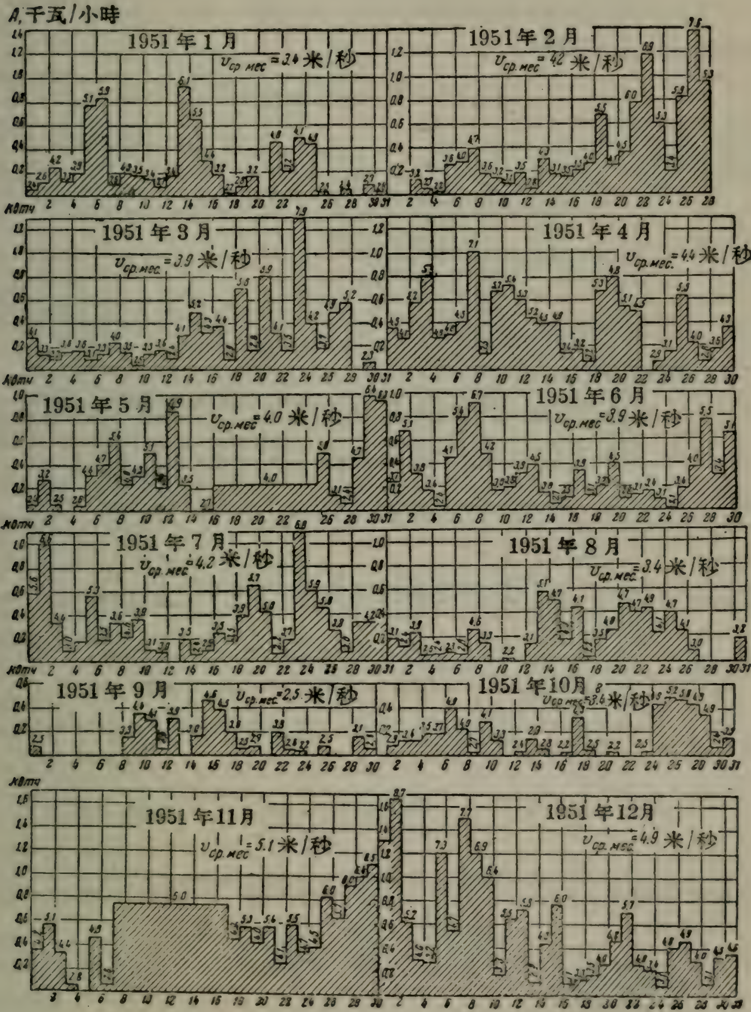


圖 6 在 1951 年中打靶場上的風力變化特性曲綫

（二）風力和風力發动机的功率

气流也跟其他所有的运动物体一样具有动能，这动能可用一个数学的式子來表示:

$$A=\frac{mv^2}{2}\text{公斤-米/秒}. \qquad (2)$$

在这式子里，m 是空气的每秒流量；v 是風的速度，米/秒。

为了要把每秒鐘通过截面 F 的空气流量用数量的式子來表示，那就得找出它的重量。这重量是等於:

$$G=v\cdot F\cdot\gamma\text{公斤/秒}, \qquad (3)$$

这里，vF 是每秒鐘通过截面 F 的空气体積；γ 是空气的比重，即一立方米空气的重量。

大家都知道，物体的質量是等於物体的重量和重力加速度 g 之比。因此，把等式(3)的右方除以 g，便可得到空气的質量:

$$m=\frac{vF\gamma}{g}.$$

在这式子中，比值 $\frac{\gamma}{g}$ 是空气的密度質量，以字母 ρ 表示，

$$\rho=\frac{\gamma}{g}\frac{\text{公斤}\cdot\text{秒}^2}{\text{米}^4}.$$

在質量 m 的等式中，用 ρ 來代替 $\frac{\gamma}{g}$，即得

$$m=\rho vF\frac{\text{公斤}\cdot\text{秒}}{\text{米}}. \qquad (4)$$

把質量的数值代入等式(2)中，便可得到風能的数量式子:

$$A=\frac{\rho vFv^2}{2}=\frac{\rho v^3F}{2}\text{公斤}\cdot\text{米/秒}. \qquad (5)$$

从而可以看出風的能量是跟風速的立方成正比的。气流的截面 F 可以想像为風輪叶片旋一轉所画的圓面積；这面積被称为受風面積，它跟風輪的直徑 D 有关，可以表示为:

$$F=0.785D^2. \qquad (6)$$

風輪的直徑越大，它的受風面積越大，因而通过風輪的能量也越多。但是，变为机械功的能量却只是这能量中的一部分。变为机械功的能量跟通过風輪的能量之比称为風力利用系数，以字母 ξ 表示。在理論上最大的風力利用系数是等於 0.593，这就是說，得到利用的風力是通过風輪的总能量的 59.3%。实际上，就是很好的風輪也只有30—42%的風能是变成机械功的，而其余的 70—58% 仍旧沒有得到利用。

这样，变为有用功的能量可以通过風輪的能量和風力利用系数 ξ 的乘積來表示：

$$A_n=\frac{\rho v^3 F\xi}{2}\text{公斤·米/秒}. \qquad (7)$$

这就是可以用來轉动工作机的能量。工作机的功率是用馬力或仟瓦計量的。

把等式(7)的右边除上75，就可得到風力發动机在風輪軸上以馬力計算的功率：

$$N=\frac{\rho v^3 F\xi}{2\cdot 75}\text{馬力}. \qquad (8)$$

因为 $F=0.785D^2$，同时在 15°C 和大气压力等於 760 毫米水銀柱时 $\rho=0.125$，所以把 F 和 ρ 的数值代入等式(8)，便可得到：

$$N=\xi\frac{0.125\cdot v^3\cdot 0.785D^2}{2\cdot 75}=\frac{v^3D^2\xi}{1530}\text{馬力}. \qquad (9)$$

1 馬力是等於 0.736 仟瓦，因此，風力發动机以仟瓦表示的功率將等於：

$$P=\frac{v^3D^2\xi\cdot 0.736}{1530}=\frac{v^3D^2\xi}{2080}\text{仟瓦}. \qquad (9')$$

应用等式(9)和(9′)，可以很容易地計算各种不同風速下以馬力和仟瓦表示的功率。在表 2 中已列出了直徑从 2 米到30米的風輪在各种不同的風速下以馬力和仟瓦表示的功率。風力利用系数是取作等於 0.30。

表 2　在各种不同風速下風力發动机在風輪軸上的功率($\xi=0.30$)

風輪直徑	風速，米/秒							
米	3	4	5	6	7	8	9	10
	上一数字表示馬力，下一数字表示仟瓦							
2	— —	0.05 0.036	0.10 0.071	0.17 0.12	0.26 0.195	0.40 0.29	0.51 0.41	0.78 0.56
3	0.047 0.031	0.112 0.075	0.22 0.146	0.38 0.26	0.605 0.415	0.90 0.60	1.28 0.85	1.75 1.17
4	0.084 0.062	0.20 0.15	0.39 0.29	0.67 0.50	1.07 0.79	1.6 1.18	2.27 1.68	3.11 2.3
5	0.131 0.097	0.31 0.23	0.61 0.45	1.05 0.78	1.68 1.23	2.5 1.84	3.56 2.60	4.87 3.57
8	0.346 0.247	0.80 0.59	1.56 1.15	2.71 1.98	4.30 3.14	6.40 4.70	9.10 6.70	12.5 9.2
10	0.528 0.390	1.25 0.92	2.44 1.80	4.22 3.10	6.70 4.90	10.0 7.36	14.2 10.4	19.5 14.3
12	0.766 0.560	1.8 1.33	3.50 2.58	6.08 4.46	9.6 7.1	14.4 10.6	20.4 15.0	28.0 20.6
16	1.35 0.99	3.2 2.35	6.25 4.60	10.8 7.94	17.2 12.6	25.6 18.8	36.4 26.6	50.0 36.6
18	1.70 1.26	4.05 2.98	7.9 5.90	13.7 10.0	21.6 16.0	32.4 23.8	46.0 33.8	63.3 46.4
20	2.10 1.54	5.00 3.66	9.75 7.16	16.9 12.4	26.8 19.7	40.0 29.4	56.3 41.7	78.0 57.4
24	3.02 2.38	6.60 5.30	14.0 10.3	24.2 17.8	38.4 28.4	57.6 42.2	82 60	112 82
30	4.72 3.44	11.40 8.30	22.0 16.2	38.0 28.0	60.5 44.4	90.0 66.2	128 94	175 129

每个風力發动机都是以一定的風速而設計出來的。这种風速是叫做計算風速或裝置風速，而且是一种極限速度，在这速度下風力發动机的功率是等於它的裝置功率，並且在風速繼續增大时也是不能增加的。計算風速是根据經济条件和年平均風速來选定的。

在年平均風速近 5 米/秒的場合，裝置風速根据实际情况通常採用 8 米/秒。在这种裝置風速和平均的風力利用系数 $\xi=0.30$ 时，用來决定風力發动机功率的等式(9)將具下列極其簡單的形式：

$$N_y=\frac{D^2}{10}.$$

对於年平均風速大於 5 米/秒的地区來説，計算的或裝置的風速可近似地按下式來决定：

$$v_y=1.6\,v_0,$$

这里 v_0 是年平均風速。

例如，在年平均風速为 5 米/秒的地区，裝置風速是等於

$$v_y=1.6\cdot5=8\ \text{米/秒},$$

而在年平均为 5.5 米/秒的地区，

$$v_y=1.6\cdot5.5=8.8\ \text{米/秒}\cong9\ \text{米/秒}.$$

（三）風速的頻度

知道每种風速的頻度，即在一月或一年的週期之中常發生这种速度的風的总时数，对於風力計算來説是很重要的。

風的頻度要根据气象台多年的風速記錄來决定。借修改这些記錄的办法，可找出帶有不同的年平均風速的各个地区的風速頻度。

譬如，M. M. 波莫尔捷夫根据多年的气象資料已确定了苏联中部地区的風速頻度，在那里的年平均風速不超过 5 米/秒。Г. А. 格林維奇确定了卡查赫苏維埃社会主义共和國地区的風速頻度。

按 M. M. 波莫尔捷夫和 Г. А. 格林維奇确定出來的風速頻度已表列在 E. M. 法捷耶夫的“風力發动机和風力裝置”一書中。

知道了在每种風速下的風力發动机的功率和它在对应的風速下

表 3　風輪直徑 $D=10$ 米的風力發动机全年輸出的計算

年平均風速 米/秒	項目名称	运行風速，米/秒 3	4	5	6	7	8和8以上	全年总数
3	在各种風速下風力發动机的功率，馬力	0.528	1.25	2.44	4.22	6.70	10.0	
	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	1990	1710	1050	525	193	62	5530
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	1060	2060	2560	2200	1280	616	9776
4	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	1445	1610	1445	1070	640	545	6753
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	765	2020	3500	4500	4280	5450	20515
5	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	1003	1310	1445	1310	1050	1407	7525
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	535	1640	3520	6400	7020	14000	33115
6	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	700	963	1210	1320	1228	2599	8025
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	372	1270	2960	5560	8200	26600	44962
7	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	462	700	930	1100	1180	3955	8297
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	253	890	2250	4660	7820	39400	55273
8	在各种風速下風力發动机可能运行的时数	334	492	685	876	1030	5024	8441
	在各种風速下風力發动机的輸出，馬力小时	178	615	1670	3720	6950	50400	63533

运行的时数，便很容易求出風力装置的全年输出：

$$A_r = N_1t_1 + N_2t_2 + \cdots\cdots + N_nt_n \text{ 馬力小时},$$

这里 N_1, N_2 等是在各种不同的風速下風力發动机的功率，可按以馬力表示的等式(9)或按以仟瓦表示的等式(9′)來决定；t_1, t_2 等是該風速下运行的时数。

表 3 所示的是一个風輪直徑 $D=10$ 米的風力装置全年输出的計算例子。

因为風力發动机的功率是跟風輪的直徑平方成正比的，即

$$\frac{N}{N_{10}} = \frac{D^2}{D_{10}^2},$$

所以

$$N = N_{10}\frac{D^2}{D_{10}^2}. \qquad (11)$$

風力發动机的输出能量亦將以同样的比例变化。

因此，任一直徑 D 的風力發动机的输出能量可以由下列等式來决定：

$$A_r = A_{10}\frac{D^2}{D_{10}^2} = A_{10}\frac{D^2}{100} \text{ 馬力小时。} \qquad (12)$$

例如，按表 3 的数据，Д-18 型的風力發动机在年平均風速为 6 米/秒的地区里，它的全年输出能量將等於：

$$A_{18} = A_{10}\frac{18^2}{100} = 44962\frac{324}{100} = 145676 \text{ 馬力小时。}$$

这是在風輪軸上的输出能量，在利用風的整个变动过程的情况下，它是可以獲得的。如果考慮到机械的和使用的損失，实际上有用的输出却是相当低的。

工作机所供出的有用能量將等於

$$A_{пол} = A_{18} \cdot \eta_м \cdot \eta_{эк} = 145676 \cdot 0.8 \cdot 0.75 = 145676 \cdot 0.6$$
$$= 87400 \text{ 馬力小时},$$

这里 $\eta_м$ 和 $\eta_{эк}$ 是机械的和使用的效率，它的数值是变动在 0.75—0.80 之間。

（四）怎样从波动的風力取得有用的功

風輪迎風廻轉 風速不僅会改变大小，而且也会改变方向。但是風力發动机發出最大功率却在气流垂直地对着風輪轉动面的时候。因此，必須設有一种裝置，以使風輪在風向如有变动时能够跟着廻轉而面迎來風。

使風輪迎風廻轉最普通的方法就是用机尾。当机尾本身安置在平行於風的流动方向像風标一样时，它可以使風輪安置在跟風垂直的方向。这种使風輪迎風廻轉的方法只適用於15仟瓦以下的小型風力發动机。在較大的風力發动机上，要用尾車。尾車是一种小風車，安裝在風輪后面的机头上，它的轉动面裝成跟風輪轉动面垂直。因此，当風輪跟風向垂直时，尾車則处在平行於風向的位置，並且是不会旋轉的。如果風向有了改变，尾車便开始旋轉，帶动了傳动齒輪，而这齒輪是跟一个固定於風塔凸緣上的大齒輪相銜接的，当它被帶动之后，就使大齒輪轉动，而使机头沿着垂直軸綫廻轉起來。这种廻轉一直要維持到尾車擺脫風力作用时为止。在这时候，風輪將被安定在迎風的方向。

調整風輪的轉速和功率 如果讓風力發动机运轉而不限制它的功率和轉速，那末在暴風下面勢必至於損坏。为了要避免这种危險，必須用各种不同的調整裝置來限制風力發动机的功率。这些裝置不讓風力發动机的功率和轉速增加而超出由計算所規定的数値。不过，在風速減低而小於計算数値（8米/秒）时，功率和轉速仍然是要降低的。因而調整風力發动机以保持風輪轉速和功率近於恒定，僅僅是在於風速超过計算数値的时候。这样的風速按时間來說不会多於35％。因此，实际上風力發动机以变动的功率和轉速而运轉的时間要佔全年运轉时間的65％左右。

如果風力發动机是直接經机械傳动來运轉工作机的，那末它的不均匀轉动，以及工作机因而所引起的轉动不均匀，在一定限度之內是許可的。但是，如果風力發动机运轉交流發电机，而且工作机是通

过电力傳动而獲得轉动的話，那末發电机和电动机必須有恒定的轉速。要达到这个目的，可在風力發动机和發电机的傳动过程中間插入一个所謂慣性蓄力机，它的运傳很像蒸汽机的飛輪，但是按工作性質來說却和后者有本質上的区別。由於在它的軸前端裝有松动的联軸器，慣性蓄力机只能把轉矩送給發电机。在反向轉动时，松动联軸器便滑过去，因而風力發动机在風速增大时帶着慣性蓄力机和發电机疾轉。在風速降低时，就是風力發动机松开，慣性蓄力机却仍能持續轉动，以風力發动机松开那一时刻的轉速帶动發电机。

当重新來了一陣風，風力發动机便追上慣性蓄力机又使它疾轉，一直到風速再度开始衰減时为止。这样，不論風速如何衰減，發电机在某种限度以內还是能够以恒定的轉速运轉的。

二. 農業中所应用的現代風力發动机的型式和構造

（一）决定对風力發动机的技術要求的条件

風力發动机的構造要做成跟它將來运行时的条件相適应。这些条件包括:某一地区風的情况,地区的地形和將採用風力發动机來运轉的工作的特性等等。

在風速高的地区(年平均風速大於5米/秒),必須裝設少叶式風力發动机,这种發动机的特点是非常堅固。在年平均風速低於4.5米/秒的地区宜裝多叶式風力發动机,这种發动机在風力不大时也能运轉。

由於地区的地形(有陡峭斜坡的山崗,以及森林、建筑物等),以致有必要建立高的風塔,使風輪处於破坏風的正常流动的障碍物之上。在这种地区最好建立15—40米高的風塔,而在草原地区風塔高度以6—10米为宜。

風輪的类型和其轉速的均匀程度是取决於給定的工藝技術过程。

如果从深穴和深井中把水汲上來要用活塞式水泵的話，風力發动机的功率完全被水泵所吸收，它需要具备大的起动轉矩，因为活塞式水泵的起动轉矩比之运行轉矩要大到3倍左右。从深穴和深井把水汲上來时所用的活塞式水泵通常是以很小的轉速运轉的（約30轉/分)。風力水泵联动机因而还应該具有低速的特点。因此，运轉活塞式水泵通常是採用多叶式風力發动机，它的特点是有大的起动轉矩和低的轉速。

發电机、离心式水泵、錘式碾碎机等都是以大的轉速运轉的，可

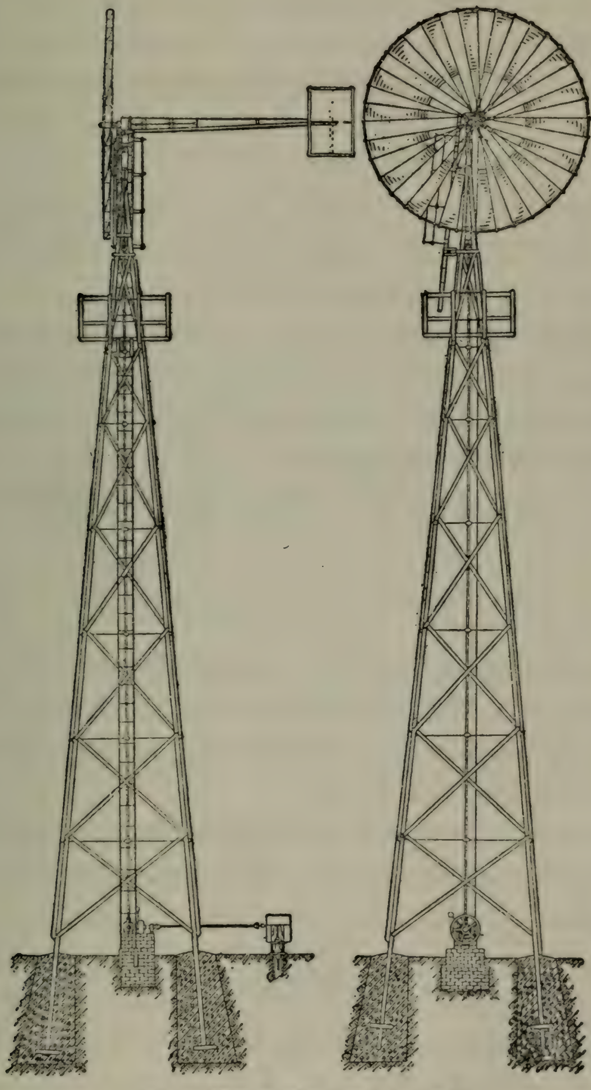


圖 7 УТВ-5 型風力發动机的全貌

是它們的起动轉矩却很小。因此，运轉这些机器的風力發动机应該有高的轉速，而且要有比运轉活塞式水泵的發动机为低的起动轉矩。

風力發动机的轉速和功率要根据工藝技術过程的特性而加以調整。汲水工作，採用帶有活塞式水泵的風力水泵联动机，是可以在变动的轉速和变动的功率下進行的。活塞式水泵在不引起水力冲击的范圍以內，可以在任何轉速下供水。

交流發电机要求有恒定的轉速，因此，运轉交流發电机以及运轉其他工藝技術过程不容許有轉速变动的机器的風力發动机，都必須裝設調整裝置，以保証工作机的轉速恒定。

运轉充蓄电池用的直流發电机的風力發动机，不需要有嚴格的均匀轉速，因为对於供应充电电流所需电压的發电机的轉速，蓄电池容許它有某些波动。因此，在这种情况下，只需要把轉速限制到不使風輪毁坏和不使發电机过載就行了。

按照这些条件，在農業中現在採用着各种不同型式的風力發动机。

（二）TB-5 型多叶式風力發动机

牌号TB-5代表風輪直徑为 5 米的低速風力發动机（Тихоходный ветродвигатель）。这种風力發动机僅適用於运轉單冲程的活塞式水泵，作为从深井和深穴（約 75 米深）中汲水之用。在風速为8米/秒时，發动机的功率是等於 2.5 馬力。

TB-5 型風力發动机在过去曾由工業部門生產了 5000 多部，而在許多集体農庄里作为供水之用。現在，这种發动机已經停止生產了。

（三）УТВ-5 型多叶式風力發动机

工業部門將生產这一种風力發动机來替代 TB-5 型。圖 7 所示的是这种風力發动机的整个形狀。它具有双圈式的風輪，这种風輪比之 TB-5 型的風輪要輕便得多。在上面裝有一个兩級的減速器，

以傳动垂直的軸，在軸的下端接着另一个減速器，而把轉动傳給水平的軸，以帶动活塞式水泵的曲柄机構和各种工作机，工作机的功率不应該超过1—1.5馬力。

УТВ-5型風力發动机的空气动力特性，如圖8所示。

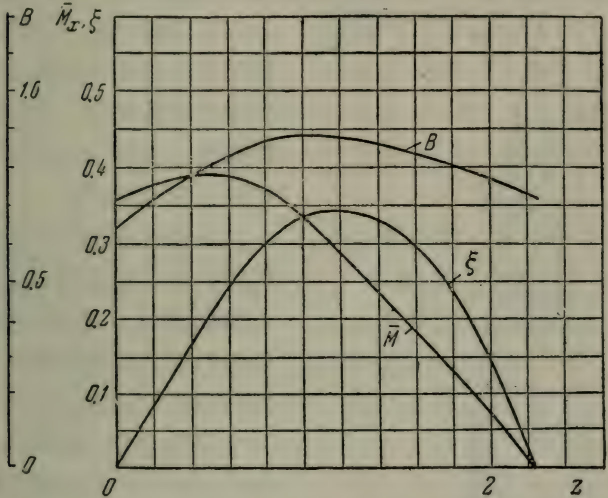


圖8 УТВ-5型，УТВ-8型和ВП-3型風力發动机上双圈式風輪的空气动力特性

（四）ТВ-8型和УТВ-8型多叶式風力發动机

ТВ-8型風力發动机有一垂直軸，在風塔的塔基附近連接到減速器，由这減速器可以傳动畜牧業中的整套農業工作机。

这种風力發动机的全貌，如圖9所示。直徑8米的風輪可在懸軸上裝設着的兩个滚柱軸承之中旋轉，懸軸是固定在机头机座的端板里的。在風輪的輪轂上裝有一个用螺釘跟它固住的傘形齒輪，这齒輪跟固定在垂直軸上的小齒輪相銜接。垂直軸則掛在机头上支座里面的止推滚珠軸承之上。

風力發动机的机头是一个圓錐形的机座，它是用生鉄鑄成的。


圖 9 TB-8 型風力發动机的全貌

風輪輪軸从前方以 6°30′ 的角压入这机座中，而在机座后面通过座耳孔穿过一个螺栓，末端帶有尾翼的机尾架就在这螺栓上迴轉。在圓錐形机座上，从下面压進一根支管，風力發动机的机头可在这支管上沿着兩个支座迴轉，上支座帶有滚珠軸承和球形框鍵，而下支座帶有滑动軸承。

限制風力發动机的功率和轉速，是靠鏟形側風調整器使風輪擺脫風力作用来实現的。这調整器被安置在机头上，而处於風輪的后面，它本身就是一个頂端帶有平面調速翼的翼座，調速翼突出在風輪受風面之上。翼座是用螺釘固定在机头上的。調整器由於風的压力可以使机头沿着垂直軸綫迴轉，而使風輪擺脫了風的作用。在相对的位置上，風輪有兩个彈簧支持着，而这兩彈簧是固定在机尾架和旋入机座的座耳中的槓桿上的。

开动和停止風力發动机是用手搖絞盤來進行的，絞盤裝設在塔基附近的塔脚上面。从絞盤有一鋼索引到联軸器，这联軸器是可以沿机头支管而自由上下

移动的。联軸器被一根經縱向槽縫通入支管的連桿从下面鈎住。鋼索在支管中跟这連桿接牢，並且經过兩个滑輪而固定在机尾架上。如果需要停止風力發动机，可用手搖絞盤拉緊鋼索，鋼索經过联軸器把錐形側風調整器拉向机尾，以使風輪擺脫了風的作用。当开动風力發动机时，鋼索放松，風輪在彈簧的作用下便可安置於运行的位置。

風輪具有18張由5号鍍鋅鉄皮做成的叶片。这些叶片都是这样固定着的：对風輪的轉动面，在外緣成17°角，在內緣成45°角。風輪的輪輻（6个）是由角鉄做成的支架，固定在風輪輪轂的兩法蘭盤上。

風力發动机的金屬風塔是一个方錐形的桁架結構。塔脚是由角鉄做成的；在風塔的四側面中，各个塔脚还用角鉄横担和圓鉄拉条相互牽連起來。安置在底基中的部分塔脚是做成可以分开的，在竪塔之后（在其埋入基底以前）被固住於自己的位置上。

跟風力發动机垂直軸相接的減速器（絞車）上裝有一个曲柄机構和一个皮帶輪，曲柄机構是用來运轉活塞式水泵的，而皮帶輪是用來傳动飼料車間的工作机的。如果沒有風，可以从馬力联动裝置或拖拉机由同一絞車來运轉活塞式水泵。同时，風力發动机的垂直軸則借移动凸輪联軸器的特殊釋放器把它跟絞車松开。

曲柄連桿的桿端裝有可以在平行導向軌之間上下移动的滾子。滾子的軸支住在帶有重錘的搖臂之上。平行導向軌在压水管接头箱上面用錨釘固定在坑壁上，並且用螺釘从兩面夾住在接头箱上。

全苏農業机械制造研究所(ВИСХОМ)已將这种風力發动机加以現代化：採用了双圈式風輪，並換上了封閉式的減速器。經現代化了的風力發动机已在УТВ-8型号下（圖10）通过國家審查而被推荐來大量生產了。

这种風力發动机的空气动力特性，如圖8所示，風輪的基本参数如下：

風力利用系数 $\xi=0.34$

标称的起动轉矩	$\overline{M}=0.36$
标称模数	$Z_n=1.20$
同步模数	$Z_0=2.24$

在風速为 8 米/秒和 $\xi=0.33$ 的情况之下，發动机的功率 $N=7.0$

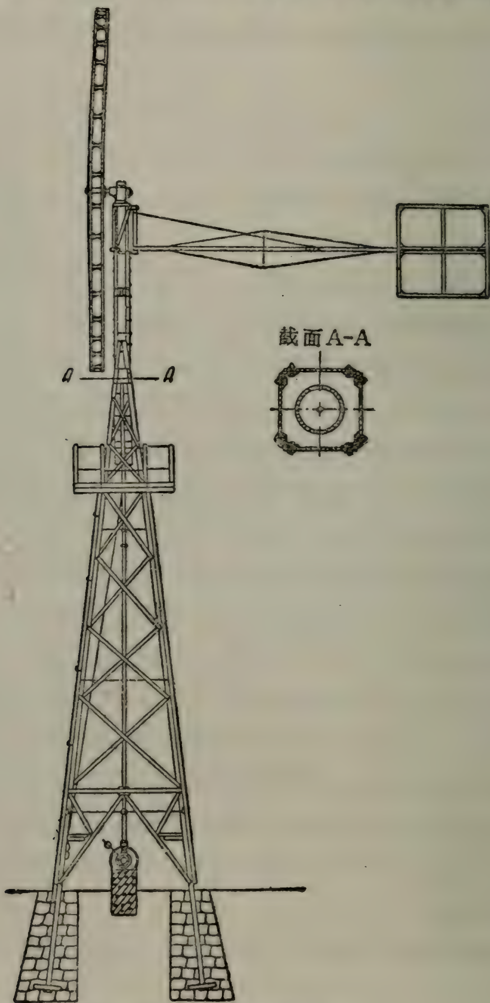


圖 10 УТВ-8 型風力發动机

馬力。

（五）ВП-3 型和 ДДК-4 型多叶式風力發动机

ВП-3 型風力發动机(圖 11) 是設計局按照全苏農業机械制造研究所創拟的風力發动机而制造出來，給有畜牧管理場的畜牧業用的。

在直徑为 3 米的双圈式風輪上裝有 18 張叶片，叶片是这样裝定在輪輻上的：在叶根处对着轉动面成 43° 角，在叶尖处成 17° 角。这种風輪的空气动力特性，如圖 8 所示。

風輪的轉动傳給貫穿在管柱中的垂直軸，是通过一只兩級的減速器，这減速器包括着一对圓柱形的和一对圓錐形的齒輪，它們都是封閉在一只焊接的箱子里面的。

机头箱(減速器)从下面焊接上一个銷釘，机头箱就在这銷釘上迴轉於滾珠軸承之中。这样的裝置可使机头在風輪迎風迴轉时，以及在大風下限制轉速时都能够对着管柱的垂直軸綫而自由地迴轉。

在上減速器的箱子上面鉸接着一个机尾，使風輪在風向改变时可迎風迴轉。

机尾是由牽着拉条的管子構成的，管子的末端固定着一面面積为 1 平方米的尾翼。

風力發动机的管柱是由直徑为 95 毫米、厚为 3 毫米的鋼管做成的，它包括三段：上管柱、下管柱和帶有凸緣的支持管柱，支持管柱的凸緣是用來安裝下減速器的。各段管柱本身之間以及下管柱同減速器都是借錐形联軸器把它們連接起來的。

支持管柱跟平底板有着鉸鏈型式的連接，平底板由四个道釘固定於地面之上。管柱由四根鋼絲攀綫拉住在垂直的位置，攀綫一端則跟埋入地里的錨釘緊結。錨釘是裝在離开管柱中心綫 7 米之处。这样的距离在無風期間由馬力联动裝置來运轉揚水机时可讓馬力自由地通过。

傳动水泵机構是通过帶有兩套傳动裝置的減速器，一套从垂直

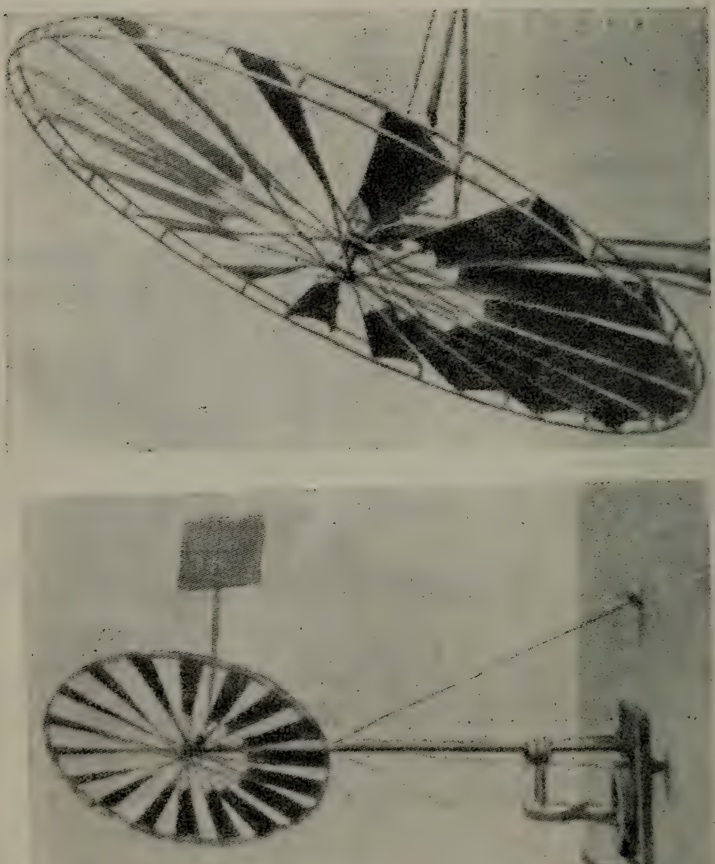


圖 11 ВП—3型風力發动机
左.全貌；右.双圈式風輪。

軸經过一对傳动比为 1:2.48 的傘形齒輪傳到揚水机机軸，另一套——馬力傳动裝置，从馬力联动裝置的横木和繩索輪經过傳动比为 1:3.6 的一对圓柱的和一对圓錐形的齒輪傳到揚水机机軸。

在下減速器的水平軸上裝着帶有鈎齒的棘輪，借它可以由馬力傳动裝置來帶动揚水机。在离开管柱中心綫 750 毫米处的水平軸端，安置有揚水机的滑輪，在这滑輪上繞着放入井中去的揚水皮帶。

这样，把支持管柱裝在离开井口达 0.5 米的地方就有了可能。支持管柱在地面上稍加抬高，使滑輪的軸綫离开地面有 1 米的距离，从而可以在井口离地高达 800 毫米的井边安裝風力發动机。

汲水裝置的揚水皮帶是由断面为 50×3 毫米的摩擦皮帶做成的，皮帶上面縫有布的水斗，水斗里面設着彈簧舌，以防止空水斗被压扁。环狀揚水皮帶繞过上下滑輪。在下滑輪上吊着一个平衡重錘——充滿砂礫的金屬匣。

上滑輪封閉在一只導水用的水箱中，这水箱是鍍鋅鉄皮做成的，上面裝有導水管。帶着平衡重錘的下滑輪浸沒在水里，这样可以使揚水皮帶轉动时，皮帶上的水斗在下面灌滿了水，而在水斗被轉到上滑輪上面时，水斗中的水便可注入水箱，然后沿着導水管流向貯水槽，从而再供給用戶。

开动和停止風力發动机是由裝定在管柱底部的槓桿來進行的。槓桿上結有兩根鋼索，在上面跟一个可以沿上管柱縱向移动的联軸器相接。联軸器有一个环圈，它能够对着联軸器迴轉，也能够跟着它一起縱向移动。兩鋼索从联軸器的环圈引到机尾。当槓桿动作时，鋼索被拉緊，把風輪叠向机尾；当放松鋼索时，一端固定在机头上而另一端固定在机尾上的彈簧可使風輪轉回到运行的位置。限制風輪的轉速是靠風輪軸綫对風塔軸綫的偏心裝設，使風輪自动擺脫風的作用而实現的。

为了畜牧場和放牧場的用水供应，卡查赫苏維埃社会主义共和國机械化研究所，針对着卡查赫苏維埃社会主义共和國的情况，創造了一种風輪直徑为 4 米的 ДДК-4 型風力水泵联动机（圖 12）。七叶

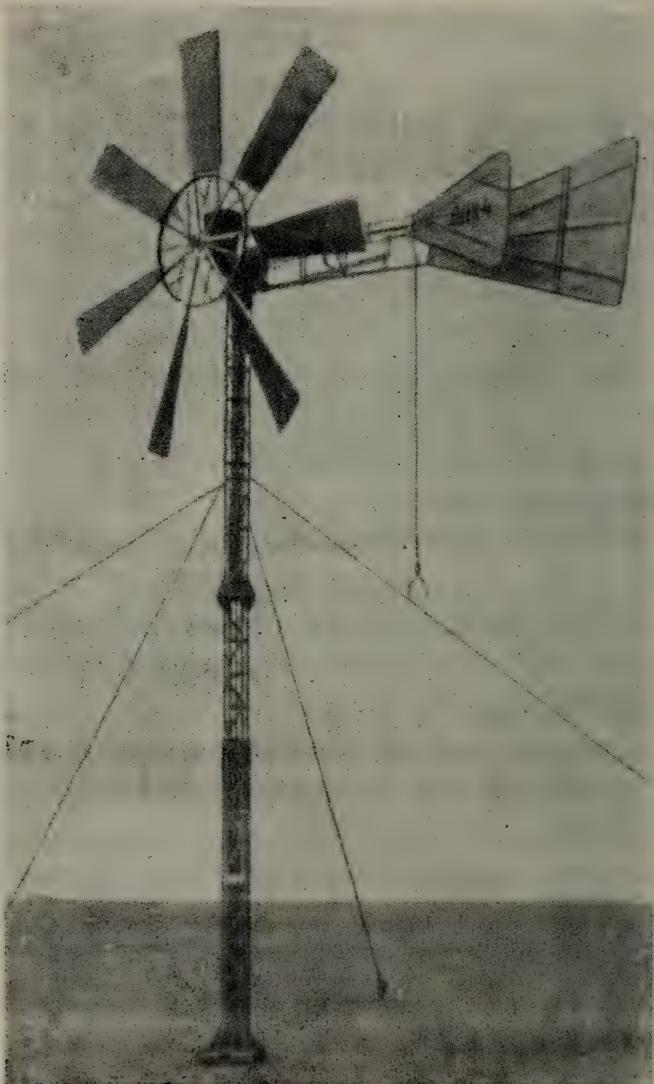


圖 12 ДДК-4型風力水泵联动机

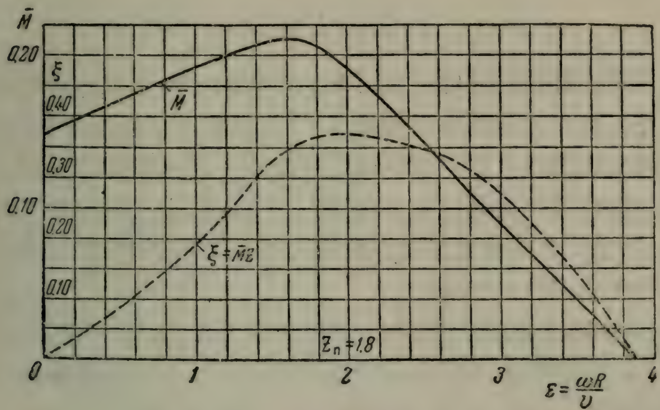


圖 13　ДДК-4 型風力發动机的空气动力特性

風輪的風翼支架是一个焊接的結構。風翼的翼面是由鍍鋅鉄皮做成的，用鉚釘固定在翼輻之上，形成了流綫型的輪廓。管狀翼撑被嵌在風翼支架的生鉄輪輻的承窩中，並用螺釘裝定在它的輪緣上。

圖 13 表示这种風力發动机的空气动力特性。

風力發动机的机头就是一个帶有傳动比 1:3.9 的一級減速器。曲柄机構由生鉄圓盤構成，圓盤是裝在減速器向外伸出的軸端上的。圓盤有着錐形的孔眼，連桿的銷子被固定在这孔眼之中。連桿曲柄机構保証水泵活塞有 120 和 200 毫米兩种冲程。

机头減速器是同焊接的支架裝牢的，支架被裝定在一个樞軸上，这樞軸是可以在固定於上風塔里面的生鉄套筒之中自由迴轉的。

風輪是靠机尾使它迎風安置的，机尾的骨架由 $^3/_4''$ 和 $^1/_2''$ 的管子焊接而成，机尾上裝有鍍鋅鉄皮的尾翼，尾翼的面積为 1.7 平方米，跨幅为 4 米。限制風輪轉速是靠鏟形側風調整器，使風輪擺脫風的作用而实現的，調整器頂端有着一面面積为 0.5 平方米的調速翼。側風調整器的骨架由直徑为 $^1/_2''$ 的管子焊接而成的。这种風力發动机可用來傳动安置在深井或深穴上面井坑中的、直徑为 150 毫米的活塞式水泵。

（六） 高速風力發动机的構造

高速風力發动机的叶片数目很少，它跟多叶式風力發动机不同的地方是在於起动轉矩小而轉速高。由於轉速高，所以它的重量小，因而当大量生產时，这就可以大大地減少金屬的消耗。我們的工業所出產的高速風力發动机有 Д-12 型，Д-18 型，中央空气动力研究所的 1-Д-18 型，烏克蘭農業机械化研究所的 ВУ-Д-10 型，中央空气动力研究所的 ВЭ-2 型等等。

Д-12 型風力發动机具有 12 米直徑的三叶風輪，它在風速为 8 米/秒时可發出近 14.5 馬力的功率。圖 14 所示的是这种風力發动机的整个結構。

風輪固定在一根对水平傾角为 6° 的軸上，这根軸是安置在齒輪箱里錐形滾柱軸承中的。在軸的后端固定着一只大的傘形齒輪，跟垂直軸上端所固定的小齒輪相銜接。机头的齒輪箱被螺釘裝定在生鉄支座上；在机头箱下面压入一根作为轉軸的支管，在这支管上机头可於水平平面中迴轉。机头后面裝牢一个机尾架，在这机尾架的末端裝有可使風輪迎風安置的尾翼。

風力發动机的机头可沿着垂直軸綫在兩支座中迴轉。上支座有滾柱軸承，承受側面应力；下支座有徑向的和止推的軸承，承受垂直的和側面的負載。这种風力發动机的空气动力特性已示於圖 14。

調整这种風力發动机的轉速和功率是按照 Г. Х. 沙比寧和 Н. Е. 克拉索夫斯基的調整系統，依靠固定在叶尖上的穩定器受离心力的作用使叶尖迴轉而自动实現的。

圖 14,б 表示風力發动机在不同运行情况下叶尖的不同位置：位置 I ——表示風力發动机在停止运轉；位置 II ——在开动；位置 III ——在运轉。

停止風力發动机是用安裝在塔脚上的手搖絞盤來進行的，絞盤上裝着一个帶有螺旋的舵輪。从螺旋有一根鋼索引到联軸器，这联軸器是可以沿支管自由移动的。联軸器被一連桿从下面勾住，而連

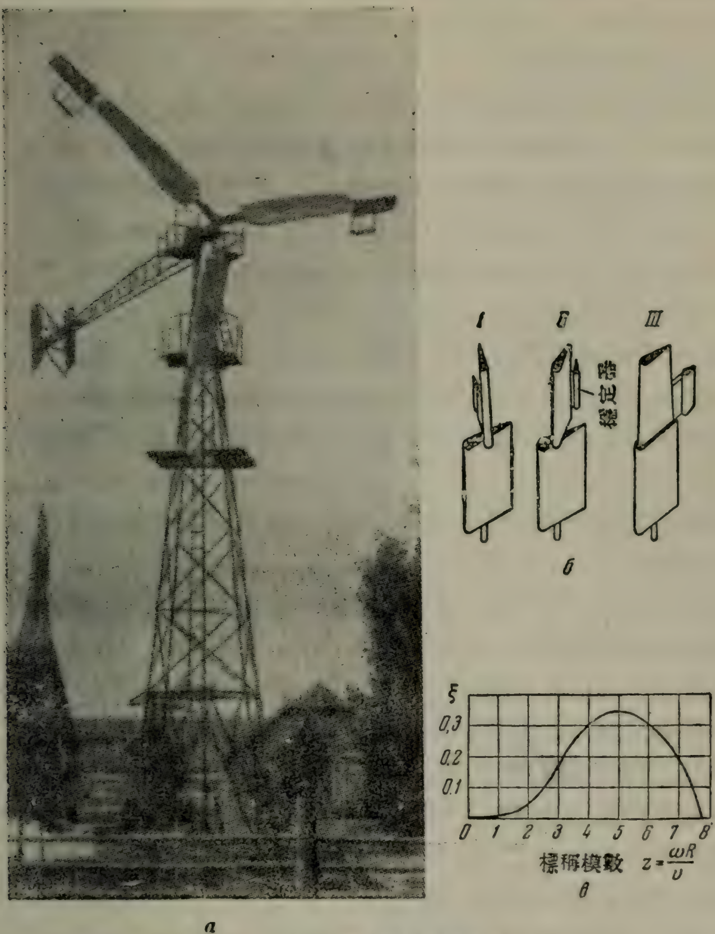


圖 14 Д-12 型風力發动机

а,整个結構；б,叶尖位置：I.停車位置；II.开动位置；III.运轉位置；

в,Д-12 型風力發动机的空气动力特性。

桿可以在支管上的縦向槽縫里移动。連桿上固接着一条鏈条，經过滑輪而固定在开車和停車的横桿上，当这横桿在樞鈕上迴轉时，它就可以通过动力連接的联軸器和拉条使穩定器起作用，而安置在停止运轉的位置上。当鋼索放松时，穩定器在彈簧的作用下可安置在运

轉的位置，这彈簧一头固定在每一个翼翼上，另一头跟用拉条和穩定器联接起來的槓桿相接。

垂直軸在塔基附近接到一只帶有兩个皮帶輪的下減速器，从这兩皮帶輪可以帶动發电机和其他各种農業工作机。

垂直軸和皮帶輪的轉速比是等於 1:2，这样，当上減速器的傳动比为 1:3 时，总傳动比便等於 1:6。

風力發动机的垂直軸是掛在机头箱里圓錐形的滚柱軸承之中，而且是由四分段構成的。

風力發动机的机尾是一个焊接的方形金属架，它的总長度为 12 米。尾翼的面積等於 2.82 平方米，是風輪受風面積的 2.5%。

尾翼在水平截面上是做成帶有弧形的，这弧形是向風輪轉动相反的方向凹的。

做成弧形是为了獲得空气动力的水平力，以產生轉矩來反对減速器的反轉矩。

風力發动机的風塔是一个 16 米高的方錐形的桁架結構。風塔的塔脚是用螺釘裝定在一个生鉄支架上的，並且借这生鉄支架在上面接入机头上支座的总樞鈕中去。离开埋入底基的塔基長为 2.15 米的一部分塔脚是做成可以分开的。

Д-18 **型風力發动机**是造成 25 仟瓦这一不大的系列的。这种風力發动机的構造，如圖 15 所示。它的傳动系統和迴轉叶尖以調整風輪轉速和功率的方式，都是跟 Д—12 型風力發动机的一样的。为了使風輪迎風迴轉，这种風力發动机裝有尾車。除尾車外，發动机还裝有一对由舵輪帶动的圓錐齒輪的傳动裝置，以便用手來迴轉机头。同时，尾車可由移动凸輪联軸器的釋放器來松开；机头沿着垂直軸綫的轉速对尾車轉速的总傳动比是等於 1:500。

垂直軸掛在滚珠軸承之上，軸的重量是在上接減速器的上垂直軸的下端，經軸頸而傳到这軸承上的。垂直軸包括五个分段，各分段之間都是用法蘭盤式的联軸器連接起來的，把軸支撑在垂直位置是靠徑向的滚珠軸承，軸承的外殼懸接在風塔的拉条上。滚珠軸承有

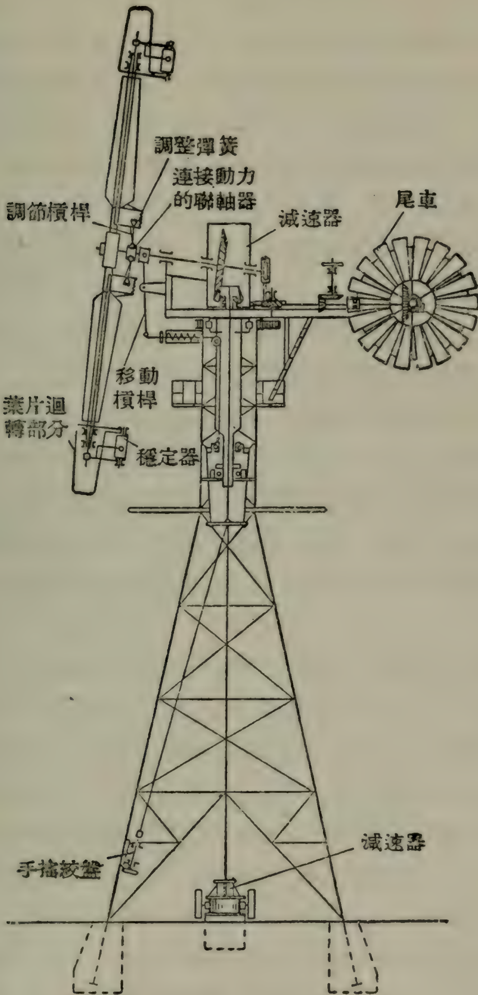


圖 15　Д-18 型風力發动机的構造

着鉄皮制成的軸承盖，用以防止漏雨。

下減速器是一个生鉄的箱子，里面裝着圓錐形的傳动齒輪，从而把風力發动机垂直軸的轉动傳給水平轉軸。減速器的鉄箱包括兩部

分：帶有垂直管柱的箱盖和鉄箱本身，在鉄箱里面的錐狀滾柱軸承上，裝有水平轉軸，在水平軸伸出箱外的軸端安置着兩个皮帶輪。

風力發动机的風塔，在上面接有一个方稜体的焊接架座，这架座突出在方錐体架座上有 12.2 米之高。方錐体的架座是由角鉄做成的。方稜体架座的截面在原始系列的發动机是等於750×750毫米。在架座的下樞鈕附近，風塔在地面上的脚距是等於 4,840 毫米。埋入底基 2.5 米深的塔脚是固定在这一樞鈕之中。

有慣性蓄力机的 I-Д-18 型風力發动机是中央空气动力研究所在 В.П. 維特契金教授指導下設計出來的。它跟 Д-18 型不同之处是在於有保护用的御風調整裝置和慣性蓄力机。

这种風力發动机的構造，如圖 16 所示。直徑 18 米的三叶風輪是固定在輪軸上，而在这軸上沿軸綫設有直通的軸孔。由管子做成的翼撑都可以各自自由地迴轉於兩个滾珠軸承之中。風輪輪軸可在三个滾珠軸承里轉动，並且是跟傳动比 1:9 的減速器相接的。風輪的正常轉速每分鐘約 40 轉。因此，垂直軸的轉速每分鐘为 40×9=360 轉。

垂直軸在塔基附近接到一只帶有兩种傳动比 1:3.5 和 1:2.5 的兩級減速器上。以較小的傳动比开动風力發动机，在慣性蓄力机疾轉之后，松开風力發动机而把減速器銜接到另一級傳动比 1:3.5，然后再把風力發动机接入，当風力發动机赶上了慣性蓄力机的飛輪之后，它就使飛輪繼續运轉而加速到正常的轉速 1000—1600 轉/分。在运行期間，風力發动机的断开和接入的操作是靠裝在水平軸后端的松动联軸器來進行的。慣性蓄力机的大轉盤(重 2.3 噸的飛輪)是裝在跟水平軸同一軸綫的兩个滾珠軸承支座之上。慣性蓄力机的軸可以直接地或經三角皮帶傳动裝置接到發电机上去。圖上的蓄力机是直接接到發电机上的。从風力發动机到發电机經过慣性蓄力机的傳动結構，如圖 17 所示。

在理論上，慣性蓄力机可以在風速增加时把能量儲藏起來，而在風力發动机拉开时用它來維持發电机运轉达 5—6 分鐘，这样在風速

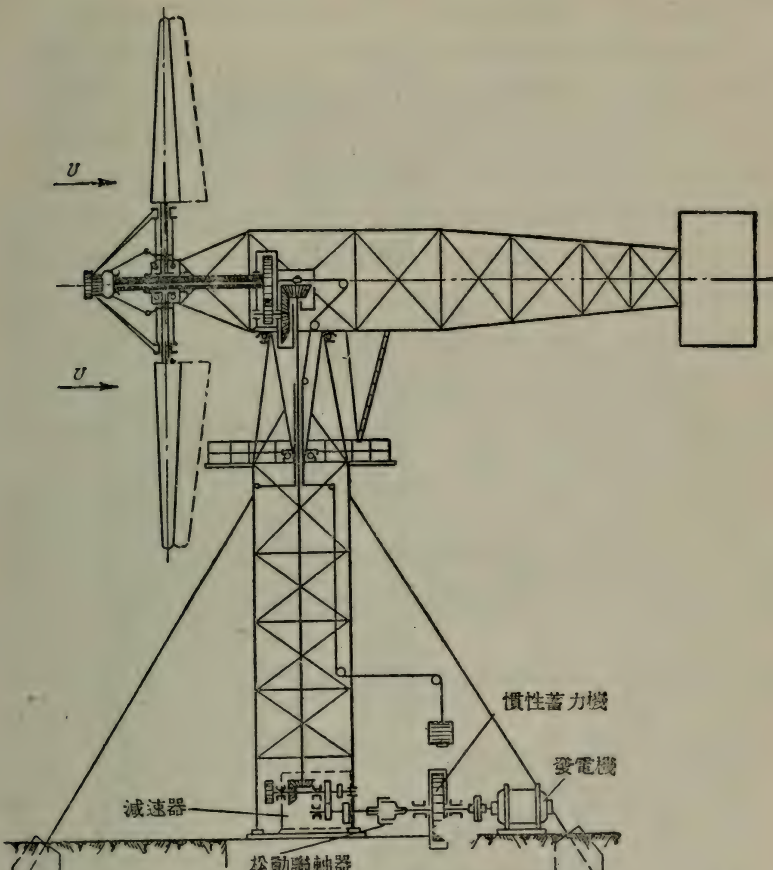


圖 16 有慣性蓄力机的 Г-Д-18 型風力發动机的構造

有剧烈波动的情况下可以使發电机的轉速均匀。

使風輪迎風迴轉是靠 14 米長的机尾，机尾支架跟風力發动机的机头是一个整体。机尾架末端固定着三面的尾翼，尾翼的翼面在水平截面上做成帶有弧形，弧形是向着企圖把机头沿垂直軸綫迴轉的反轉矩的作用方向凹的。尾翼上的弧形導致上升的作用力，这作用

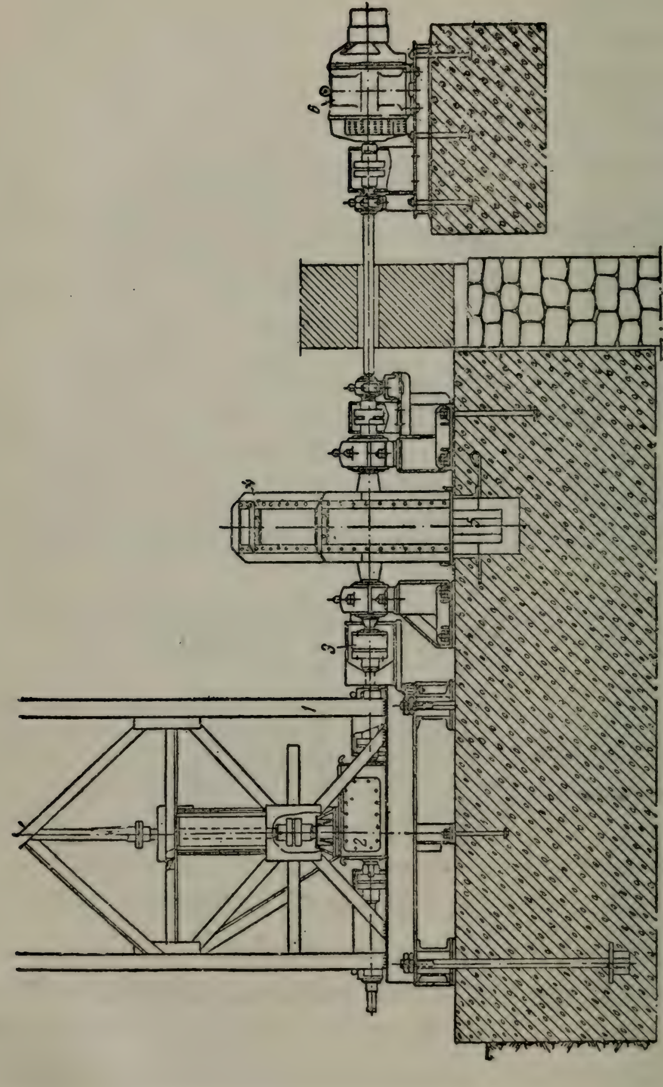


圖 17 从風力發动机到發电机經过慣性蓄力机的傳动結構圖

1.風塔； 2.减速器； 3.松动联軸器； 4.蓄力机外殼； 5.蓄力机飛輪； 6.發电机。

力可以產生机尾轉矩來抵銷反轉矩，而使風輪很穩定地面迎來風。

風力發动机的机头可以在兩支座中滾珠軸承上自由迴轉。

調整風力發动机的轉速和功率，是靠施在叶片上的風压來使輪翼沿着翼撐軸綫迴轉而实現的。翼撐是靠近叶片根部穿过去的，因此，作用在輪翼上的压力中心是对着翼撐的軸綫而轉移的。当風速超过計算数値时，这就可產生使風輪迎風迴轉的轉矩。在暴風下面輪翼就能处在風标的位置，如圖 16 虛綫所示。在停止風力發动机时，輪翼也要被安置在这同一的位置上。为了这样，每个輪翼都用拉条接到一个轉向器，这轉向器是可以在軸孔中縱向移动的。轉向器是輪翼的动力連接，並保証着所有叶片的同时迴轉。在拉条上固定着一根鋼索，这鋼索是經过滑輪而接到槓桿上去的，从槓桿有另一鋼索引向塔基，並且由 320 公斤的重体來吊住。重体是由 36 个生鉄盤組成的，以使它的重量可以調節。

重錘的重量是这样选定的：使風力作用在翼輪各个叶片上所產生的轉矩，跟拉条拉力所產生的轉矩保持平衡，而这拉条是可以轉移輪翼动力連接的轉向器的。

停止風力發动机是靠曳起重体的絞盤來進行的；在重体被曳起

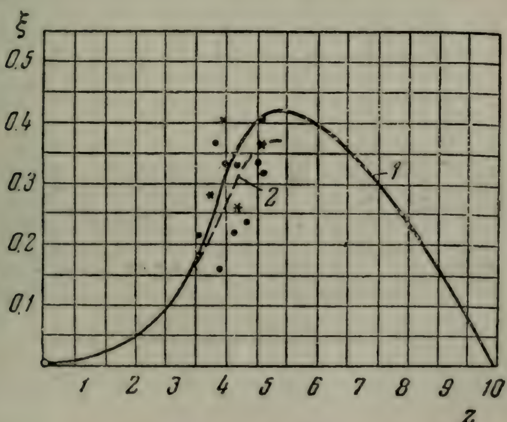


圖 18 Т-Д-18 型風力發动机的空气动力特性



圖 19　BY-Д-10 型風力發动机的全貌

时，輪翼就被放松而处於風标的位置。当起重絞盤放松，重体便下垂而把鋼索拉緊，於是輪翼被安置在运行的位置，風輪也就开始轉动。同时，輪翼將以一定的角度对着風輪轉动面而安置下來。这角度决定於阻止輪翼繼續旋轉的止擋，在这角度下風輪运轉將有最大的風力利用系数。这种風力發动机的空气动力特性，如圖 18 所示。

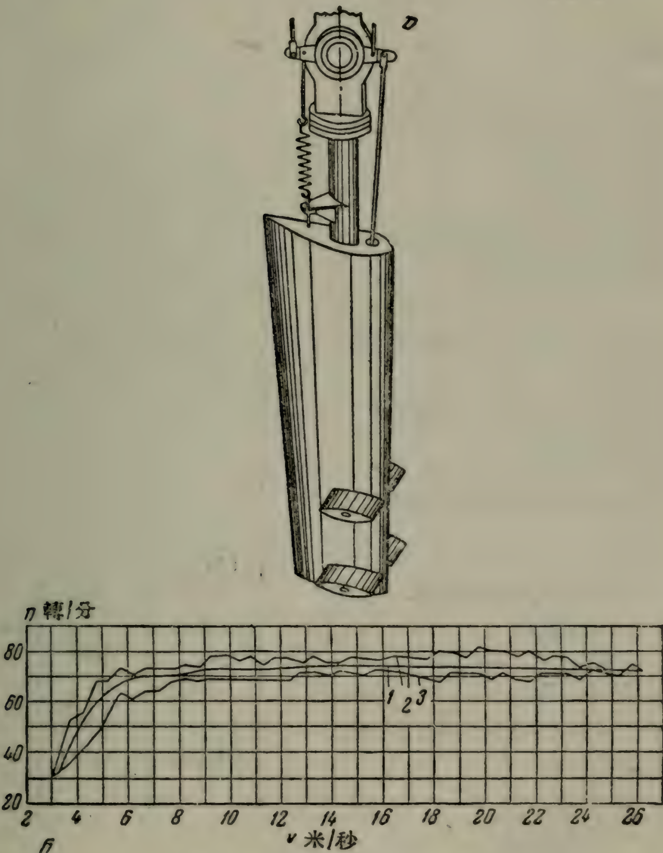


圖 20 調整轉速的空气制动器

a. 帶有空气制动器的叶片； *б*. 調整特性曲綫。

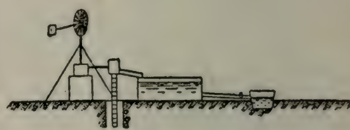
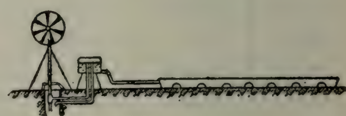
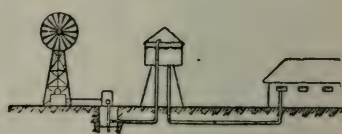
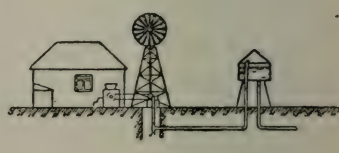
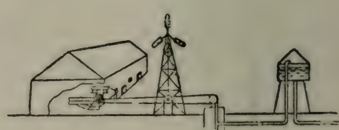
表 4　風力發动机

参　数	用在農		
	TB-5	УТВ-8	TB-8
1	2	3	4
風輪直徑，米	5	5	8
叶片数目	24	18	18
在風速 8 米/秒下風輪軸上的功率，馬力	2.7	2.7	7.0
最大風力利用系数	0.33	0.33	0.33
風輪的标称模数	1.0	1.0	1.2
标称的起动轉矩	0.5	0.5	0.47
在風速 8 米/秒下，風輪轉速，轉/分	40	40	25
减速器皮帶輪轉速，轉/分	—	—	160
从風輪到皮帶輪的傳动机械的傳动比	—	—	1:6.4
風塔高度，米	15	15	15.4
風力發动机开始运轉的風速，米/秒	3	3	3
运行風速的范圍，米/秒	3—25	3—25	3—25
减速器皮帶輪直徑，毫米	—	—	600
風力發动机各个組成部分的重量，公斤			
風輪	344	—	820
机头	535	—	590
机尾和側風調整器或尾車	92	—	160
風塔跟垂直軸	1198	—	1900
下减速器	—	—	380
慣性蓄力机	—	—	—
总重，公斤	2169	2597	3850

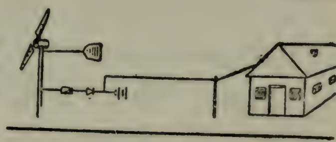
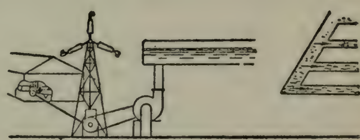
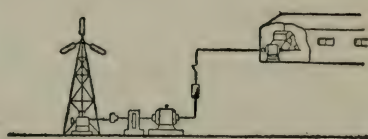
的技術特性

業	中	的	風	力	發	动 机
ВИМ Д-12	ВИМ ГУСМИ Д-18	ЦАГИ I-Д-18	УНДИМ ВУ-Д-10	ВП-3	ДДК-4	ВЭ-2
5	6	7	8	9	10	11
12	18	18	10	3	4	2
3	3	3	3	18	7	2
14.5	38	43	10	1.0	1.9	150瓦特
0.30	0.36	0.41	0.30	0.33	0.36	0.36
4.5	4.5	4.5	4.5	1.0	3.5	8.0
0.02	0.02	0.02	0.02	0.46	0.1	0.01
60	42	40	60	70	150	280—700
390	378	360	200	—	37	—
1:6	1:9	1:9	1:2.5	—	水泵 1:4	
16	20	20	11.5	5.8	7.2	8
4	4	3	4	3	4	5
4—40	4—40	3—25	4.5—25	3—25	4—30	5—50
800	800	—	—	—	—	—
790	3240	1370	—	—	—	—
1220	3300	1810	686	—	—	—
195	115	630	—	—	—	—
1990	8560	8600	1498	—	—	—
236	785	1040	897	—	—	—
—	—	1500	—	—	—	—
4431	16000	14950		300	637	50

表 5　按照工作的类型和風力發动机在農業中的应用

序号	風力發动机的型式	額定馬力	可以利用風力發动机的工作类型	应用的簡單表示圖
1	ВП-3型	1.0	輪牧畜牧業中的供水工作	
2	ДДК-4型	2.0	輪牧畜牧業中的供水工作	
3	УТВ-5型	2.7	畜牧業中的供水工作	
4	ТВ-8型	6.5	供水和碾磨工作	
5	Д-12型	14.5	畜牧場的机械化	

續表 5

序号	風力發动机的型式	額定馬力	可以利用風力發动机的工作类型	应用的簡單表示圖
6	BЭ-2型	0.4	小房子的照明，無綫电台的电源試驗裝置	
7	Д-18型	32.0	畜牧場的机械化和灌溉工作	
8	I-Д-18型	38.0	畜牧場的电气化	

ВУ—Д—10 型風力發动机　这种風力發动机的構造（圖 19）是烏克蘭農業机械化研究所創拟出來的。

風輪裝定在一根轉軸上，而这轉軸是安置在机头生鉄箱里兩个具有滾珠軸承的支座上面。在軸的后面固定着一个大的傘形齒輪，它跟垂直軸上的小齒輪相衔接。机头生鉄箱用螺釘固住在生鉄的支架上，而在这支架上裝入了一根支管。風力發动机的机头可在这支管上兩支座中迴轉。

这种風力發动机的轉速是由裝在輪翼上的兩对空气制动器（圖

20,*a*)來調整的。調整的特性曲綫,如圖 20,*б* 所示。直徑 10 米的風輪有着木質的支架,它是用鍍鋅的鉄皮包紮起來的。

風力發动机的垂直軸在塔基附近，經过联軸器跟減速器的轉軸相接，工作机可以直接地或通过傳动裝置从这減速器轉軸上取得轉动。有了垂直軸的联軸器,使得風力發动机可以用手來拉开,而由备用發动机來傳动減速器,同时在風力發动机的轉矩不够所需数值时,也可以由它讓風力發动机空轉。

風力發动机的金屬風塔是一个 11.5 米高的桁架結構。在塔基相近,塔脚的跨距是等於 2980×2980 毫米。

以上所述的各种不同構造的風力發动机技術特性已在表 4 中列出,而它們在不同类型的農業工作上的应用,如表 5 所示。

三. 風力装置

(一) 風力装置的动力系数

在沒有講到風力装置的各种不同类型以及它們的运行方式之前,我們先來研究一下風力装置的动力系数。这系数是一种原始数据,用來决定装置的功率和运行方式以及其运行效果跟年平均風速的关系的。

風力發动机装置功率的利用系数是衡量風力装置运行效果的主要标准之一。它的数値是由風力發动机的实际的输出能量($A_{фак}$)和它在 T' 时間內以装置功率运轉时所能提供的能量的比値來决定的,这里所謂装置功率就是風力發动机在額定風速下發出來的功率;即

$$K=\frac{A_{фак}}{N_y T'}=\frac{N_{cp}T'}{N_y T'}=\frac{N_{cp}}{N_y}, \tag{13}$$

这里,N_y——風力發动机的装置功率,

N_{cp}——風力發动机在 T' 时間內的每小时的平均功率,

T'——在設計風力装置时用以計算發动机实际输出能量 $A_{фак}$ 的运行时間。这时間通常作为一晝夜、一月和一年。

为了說明装置功率的利用系数,可以制出圖 21 所示的这种曲綫,在这个圖上画了影綫的面積是代表晝夜平均風速为 3.1,5.1 和 6.4 米/秒时的实际输出。影綫面積和整个長方形面積之比就是風力發动机的装置功率在各种平均風速时的利用系数;即

$$K=\frac{F}{OABC}.$$

同时可以得到：

$$\text{当 } V_{cp}=3.1\text{ 米/秒}, \quad K=0.08$$
$$=5.1\text{ 米/秒}, \quad =0.38$$
$$=6.4\text{ 米/秒}, \quad =0.55$$

从这里可以看出，裝置功率的利用系数主要取决於平均風速，即 $K=f(V_{cp})$，但是除此之外，也取决於風力發动机开始运轉时的風速。表 6 所示的，是这种系数的大小跟平均風速和跟最小运行風速的关系，而取 ξ 等於 0.3。

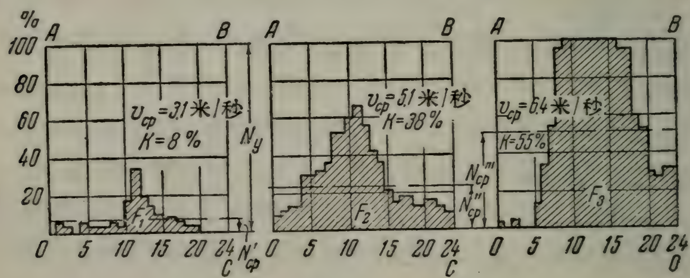


圖 21 在各种不同的晝夜平均風速下風力發动机的輸出能量曲綫

应当指出：这系数的大小不論跟晝夜平均風速或跟月平均和年平均風速都是有着同样的关系。圖 22 可以很好地説明这一情况。圓点表示利用系数跟晝夜平均風速的关系，叉号表示跟月平均風速而圓圈表示跟年平均風速的关系。

表 6 風力發动机的裝置功率的利用系数

最小运行風速 米/秒	晝夜平均的、月平均的和年平均的風速，米/秒					
	3	4	5	6	7	8
3	0.10	0.23	0.37	0.50	0.63	0.72
4	0.10	0.22	0.36	0.50	0.62	0.72
5	0.08	0.20	0.34	0.48	0.61	0.71

用來运轉活塞式水泵的風力水泵裝置,風力的平均利用系数是等於0.23。因此,当使用風力發动机來运轉活塞式水泵时,必須以0.23/0.30这一数値來乘表6中的数字,即 $K_1=K\frac{0.23}{0.30}$。

在進行風力裝置的动力計算时,要注意到的另一个系数就是負載曲綫塡充系数(負載系数)。它的数値就是等於負載曲綫中的平均功率和最大功率之比,即

$$\alpha=\frac{N_{\text{ср.гр.н}}}{N_{\max}}=\frac{A_{\text{гр.н}}}{N_{\max}\cdot T}. \tag{14}$$

風力發动机可以承荷負載曲綫到怎样程度,是用承荷系数表示的,这系数是定作風力發动机实在輸出能量和按負載曲綫的需要能量之比,即

$$K_{\text{об}}=\frac{A_{\text{фак}}}{A_{\text{гр.н}}}. \tag{15}$$

从等式(13),可得

$$A_{\text{фак}}=KN_{\text{у}}T, \tag{a}$$

而从等式(14),

$$A_{\text{гр.н}}=\alpha N_{\max}T. \tag{б}$$

通常,負載曲綫跟輸出能量曲綫是不一致的。例如,最大負載出現在晚上或早上,而風力發电站(ВЭС)的最大輸出却在白天或夜間。在这种情况之下,等式(15)中必須引入一个参差系数 $\eta_{\text{несовп.}}$,以考慮負載和輸出曲綫的不一致。於是,等式(15)就具有下列的形式:

$$K'_{\text{об}}=\frac{A_{\text{фак}}}{A_{\text{гр.н}}}\cdot\eta_{\text{несовп.}}, \tag{16}$$

这里,

$$\eta_{\text{несовп.}}=\frac{A_{\text{фак}}-A_{\text{несовп.}}}{A_{\text{фак}}}. \tag{17}$$

为了更淸楚地理解輸出能量曲綫和負載曲綫的参差系数的大小,我們來作出一种畜牧場可能的負載曲綫,而把它跟在 $v_{\text{ср}}=3.1$,

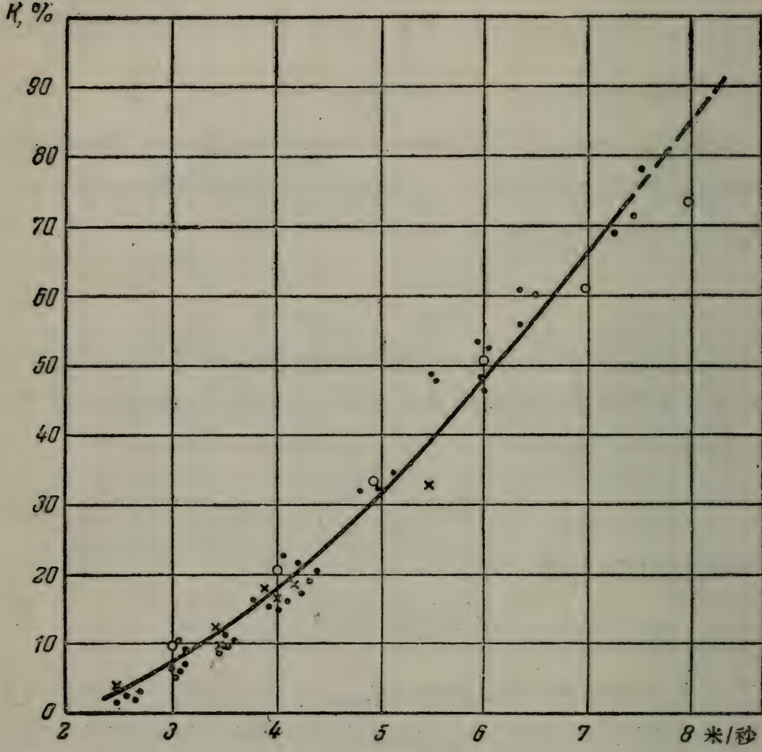


圖 22 風力發动机裝置功率利用系数的特性曲綫

v_{cp}=5.1 和 v_{cp}=6.4 米/秒 下所取得的輸出能量曲綫（圖 23）配合起來。研究一下配合的曲綫圖，便可以看到僅僅在較小的平均風速 v_{cp}=3.1 米/秒时，輸出能量曲綫才包涵在負載曲綫之中，而在較高的風速时，輸出曲綫並沒有全部包涵在負載曲綫之中。一部分輸出曲綫，如右边兩曲綫圖（圖 23）上以十字形細綫表示的，越出負載曲綫的面積所划定的界限，因而这部分不能被利用，它是損失掉的。对有这种特性的負載曲綫和輸出曲綫來說，参差系数 $\eta_{несовп}$ 是等於：

当 v_{cp}= 3.1 5.1 6.4 米/秒

系数 $\eta_{\text{несовп.}}=$　1.0　0.8　0.6

在输出曲綫和負載曲綫具有另一种性質时，这系数亦將有另一不同的数值。

同时还应該注意到，負載曲綫的塡充系数是跟着一年之中的不同时間而变的。例如，在設計農村發电站时，按農業电气管理局的数据負載系数 α 依季節採取等於：

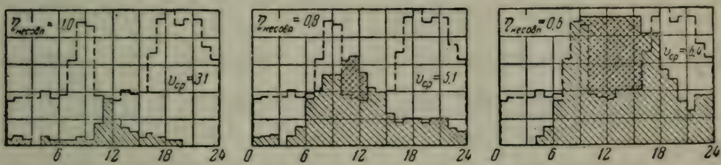


圖 23　風力發动机在各种不同的晝夜平均風速下的輸出曲綫和負載曲綫的配合

季節	春季	夏季	秋季	冬季
負載系数 $\alpha=$	0.73	0.75	0.70	0.57

如果知道了某一地区在某一时期的平均風速，利用表 3 便可决定風力裝置的輸出。

在决定工作机所傳送的有效輸出时，表3中的輸出能量数值必須乘上用以考慮損耗的系数：$\eta_{\text{м}}$，$\eta_{\text{г}}$，$\eta_{\text{эк}}$。於是，有效輸出將等於：

$$A_{\text{пол}}=A_{\text{в.к.}}\,\eta_{\text{м}}\eta_{\text{г}}\eta_{\text{эк}}\,,$$

这里：$\eta_{\text{м}}$，$\eta_{\text{г}}$，$\eta_{\text{эк}}$ 是机械的，發电机的和使用的效率。

（二）風力發动机和農業工作机的組合

为了使風力联动机能獲得良好的运行效果，首先必須正确地选擇風輪轉速对工作机轉速的傳动比。要正确选擇傳动比，必須知道風力發动机的运行特性和各种工作机的运行特性。这些特性就是表示功率和轉速关系的曲綫。如果傳动比有了正确的选擇，風力联动机就会以最有利的情况运轉而發出最大的生產率。我們現在來看一下，傳动比的正确选擇是包括些什么？

在圖 24 上示出了風力發动机的运行特性曲綫，圖左边的縱座标是代表功率，而下面的橫座标是 代表風輪的轉速。曲綫表示 風力發动机在各种不同風速下，它的功率跟着轉速是怎样变化的情況。

曲綫的頂点相 当於最大的風 力利用系数。这就是說，風力發动机只有在一定轉速下才能在某种風速时以最大的功率运轉。

將各条曲綫的頂点联起來 便可以得到曲綫 A，这曲綫 是代表最有利的运行情況。要是工作机 的运行特性曲綫，不論按 特性或按位置，能够接近这曲綫，在理想情況跟 它吻合，那末風力 联动机的运轉將会更其有效。但是，后一种 情況是很 少碰到的。在大多数的情況下，工作机运行特性曲綫是不会跟曲綫 A 吻合的，而且它也是不可能改变的。

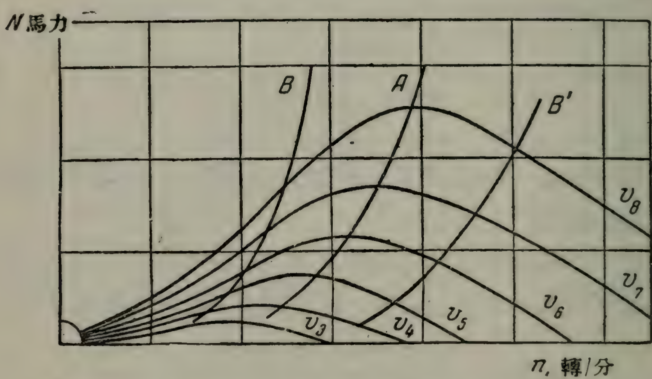


圖 24 在各种傳动比下風力發动机和工作机运行特性的配合。

但是，工作机特性曲綫跟風力發动机特性曲綫的相对位置，却跟發动机轉速对工作机轉速的傳动比选擇有关，而且是可以改变的。

在圖 24 上，曲綫 A 是相当於 有了正确 选擇的傳动比，曲綫B 表示傳动比选得过於高而曲綫 B' 則选得过於低。

要决定（例如碾磨联动机的）傳动比，必須具备 風力發动 机的特性曲綫（圖 24）和圖 25 所示的各种 不同大小 的磨盤特 性曲綫，当有了特性曲綫，可从曲綫（圖 25）的左边，代表風力發动机在 8 米/秒 風

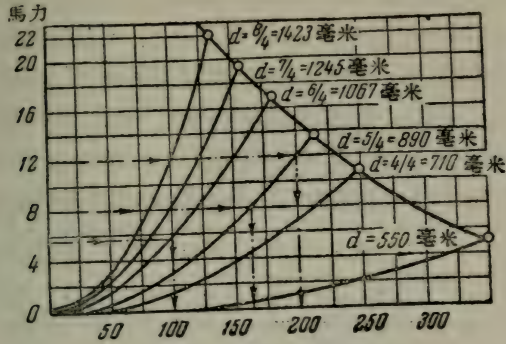


圖 25　磨盤的运行特性曲綫

表 7　对 TB-5 型風力發动机，水泵所需的活塞冲程

总水头	活塞式水泵直徑，毫米						所需的水井流量
米	70	95	120	146	171	196	立方米/小时
	所需的活塞冲程（毫米）						
	年平均風速为 3 米/秒						
5	—	—	—	—	747	568	20
10	—	—	—	515	374	284	10
20	—	—	375	258	187	142	5
30	—	400	250	172	125	—	3.5
40	—	300	188	130	—	—	2.5
50	450	250	150	100	—	—	2.0
60	370	200	125	—	—	—	1.8
70	320	170	100	—	—	—	1.5
	年平均風速为 4 米/秒						
5	—	—	—	—	—	—	—
10	—	—	—	—	700	530	17
20	—	—	—	480	350	265	9
30	—	—	460	320	230	180	7
40	—	560	350	240	175	130	4.5
50	—	450	280	190	140	100	3.5
60	—	375	230	160	120	—	3.0
70	—	320	200	140	100	—	2.5

速下所發出的功率的座标上引出水平綫，跟我們所要选擇的磨盤直徑相对应的特性曲綫相交，然后从这交点上引一垂綫到水平座标，如圖中箭头路綫所示那样；我們就可得到所需的轉速。把已經得到的磨盤轉速來除对应於同一功率的風輪轉速，即可求得傳动比。

如果風力發动机是指定用來运轉某一机器的，例如粉磨机、谷

表 8 对於TB-8 型風力發动机和水泵所需的活塞冲程

总水头 米	活塞式水泵直徑，毫米 95	120	146	171	196	所需的水井流量 立方米/小时
所需的活塞冲程（毫米）						
年平均風速为 3 米/秒						
5	—	—	—	920	—	66.0
10	—	—	—	616	468	33.0
20	—	616	420	308	234	17.0
30	670	406	280	205	156	11.0
40	500	305	210	154	117	8.5
50	400	244	168	123	94	7.0
60	330	204	140	102	—	5.0
70	286	174	120	—	—	4.2
80	250	153	105	—	—	3.7
90	220	—	—	—	—	3.3
100	200	—	—	—	—	—
年平均風速为 4 米/秒						
10	—	—	—	—	840	59.0
20	—	—	—	550	420	31.0
30	—	—	510	370	280	19.0
40	—	592	380	280	210	15.0
50	—	474	300	220	170	12.0
60	600	325	250	180	140	10.7
70	515	338	220	160	120	8.5
80	450	296	190	140	105	7.5
90	400	264	170	125	—	6.6
100	360	237	150	110	—	6.0

物、碾碎机、發电机等等，那末傳动比可以用簡單的除法來求得，即把跟在 8 米/秒風速下風力發动机的功率相对应的風輪轉速或減速器皮帶輪轉速用同一功率的工作机所对应的皮帶輪轉速來除。

但是，如果風力發动机是用來运轉活塞式水泵的，那末后者的轉速要这样选擇，使在小的曲柄轉速(5–7 轉/分)时所需要的功率不超过風力發动机在風速等於某一地区年平均風速下所發出的功率，因为这种風速是經常重复存在的。

对於在風的不同情况下运轉的 TB 5 型和 TB-8 型風力發动机，选擇活塞式水泵可以適当地利用表 7 和表 8。

如果对風力發动机必須选擇离心式水泵，那末傳动比应該用这样的計算來决定，使水泵能在風力發动机当風速近 5 米/秒时所獲得的轉速下开始給水。

(三) 風力裝置的运行方式

風力裝置有三种可能的运行方式：風力發动机不帶备用的运行方式(碾磨、採集飼料以作儲藏等工作)，風力裝置帶有备用的热力發动机的运行方式和風力裝置跟热力發动机並联运行的方式。

在第一种运行方式，風力裝置是完全依靠風力來保証負載曲綫的。風力裝置的这种运行方式可以应用於这一类的工作：在無風时期中能够預先把水儲蓄在貯水箱里，把麥粉磨好作为后备，用風力充电联动机把蓄电池充好等等。



圖 26 变动的負載曲綫

在第二种方式，風力發动机是帶有备用的設备而运轉的，不过备用發动只是为了保証負載曲綫上固定負載才投入运轉，而在运行时期主要負載仍是由風力發动机來担負的。因此，風力發动机一晝夜的实在輸出能量应該等於負載曲綫(圖 26)的能量，即

$$A_{\text{фак}}=A_{\text{гр.н}}=KN_yT=\alpha N_{\max}T; \tag{18}$$

从而

$$N_y=\frac{\alpha}{K}N_{\max}, \tag{19}$$

这里，N_y——風力發动机的裝置功率，

$N_{\max}$——負載曲綫上的最大功率，

α——負載曲綫的塡充系数，

K——裝置功率的利用系数。

示例：按負載曲綫最大功率 $N_{\max}$ 是等於 8 仟瓦，同时負載曲綫的塡充系数是等於 0.7。要求决定年平均風速为 5 米/秒 地区的風力發动机的裝置功率。

在这种年平均風速下，如果風力發动机的最小运行風速是等於 4 米/秒，那末它裝置功率的利用系数則是 0.36（見表 6）。因此，風力發动机的裝置功率將等於：

$$N_y=\frac{0.7}{0.36}\cdot 8=15.5\ \text{千瓦(見圖 26)}.$$

但是，在年平均風速为 4 米/秒地区里，如果其他条件一样，風力發动机的裝置功率却是等於

$$N_y=\frac{0.7}{0.22}\cdot 8=25.4\ \text{千瓦}.$$

在第一种运行方式，必須裝設風輪直徑为 18 米的風力發动机，而第二种运行方式必須裝設風輪直徑为24米的風力發动机。备用功率 N_p 应該等於負載曲綫固定負載的功率，即 $N_p=N_ж$.

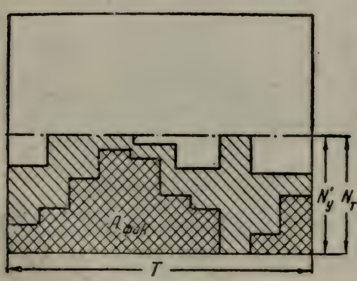


圖 27 恒定的負載曲綫

在第三种运行方式，即風力發动机和經常运轉着的热力發动机並联运行方式下，它們的綜合輸出能量应該等於負載曲綫所需要的功

率，即

$$A_{\text{в}}+A_{\text{тд}}=A_{\text{гр.н}}=\alpha N_{max}\cdot T=0.7\cdot 8\cdot 8760=49000\text{千瓦小时},$$

这里，α 是採用前面的例子中的数值。

風力發动机的功率应当等於热力發动机的功率，但是后者的功率是等於負載曲綫上的最大功率(圖 27)，即

$$N'_{\text{у}}=N_{\text{т}}=8\text{ 千瓦。}$$

於是，在年平均風速为 4米/秒 的地区里，風力發动机一年中的輸出能量是

$$A_{\text{в}}=N_{\text{у}}TK=8\cdot 8760\cdot 0.22=15500\text{ 千瓦小时；}$$

而在年平均風速为 5米/秒 的地区里，風力發动机一年中的輸出能量將为

$$A_{\text{в}}=N_{\text{у}}TK=8\cdot 8760\cdot 0.36=25200\text{ 千瓦小时。}$$

在第一种情况下，風力發动机可保証負載曲綫的負載$\frac{15500}{49000}\cdot 100=32\%$，在第二种情況，風力發动机可保証 $\frac{22500}{49000}\cdot 100=51\%$。風力發动机有一部分輸出沒有被包涵在負載曲綫之中，如果这一部分輸出能量沒有得到利用的話，那末所獲得的承荷系数上必須乘上参差系数，参差系数的数值是按实际資料來决定的。

这样，知道了風力發动机的輸出，我們藉助於系数 K 和 α 就可很容易地求出用在農業能量供应中的風能部分。

進一步，我們來研究一下農業用的風力發电站 (ВЭС) 的可能运行方式。

採用風力裝置來担負变动的和固定的負載曲綫，可以按照圖 28 和圖 29 所示的运行方式中某一方式來進行。

在圖 28 上示有四种运行方式，为了保証像圖 26 所示那样帶有部分固定負載的負載曲綫所需的能量，風力裝置可以按照这四种方式來运轉。

(a)按照 I 和 II 兩种运行方式(圖28)風力發动机是跟热力發动

机並联运行的。同时，热力發动机的功率是等於負載曲綫固定負載的最大功率，並且在有慣性蓄力机來均衡功率（方式Ⅰ）而負載曲綫由風力發动机來保証的場合。它是可以切除的。在缺風的时候，热力發动机僅僅保証負載曲綫的固定負載。

方式Ⅱ跟方式Ⅰ不同之处在於傳动裝置上沒有慣性蓄力机。在这种情况，热力發动机則处在参加运行或正待备用之中。

（6）按照Ⅲ和Ⅳ兩种运行方式，風力發动机是單独运轉的，热力發动机是作为备用，而当風力發动机的功率不足以保証負載曲綫的固定負載所需的能量时便把它投入运轉。

在这时候，慣性蓄力机是必需的。

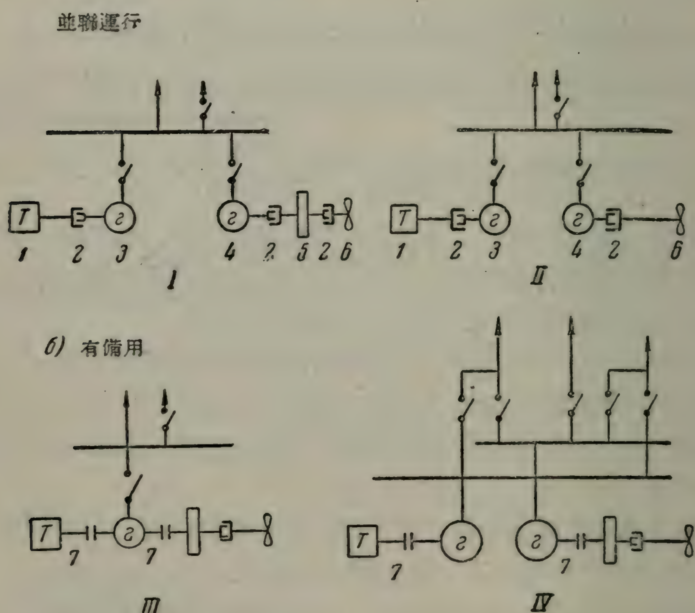


圖 28 在变动的負載曲綫下运轉的風力电气联动机的运行方式
1. 热力發动机；2. 松动联軸器；3. 热力發动机帶动的發电机；4. 風力發动机帶动的發电机；5. 慣性蓄力机；6. 風力發动机；7. 連接的联軸器。

按照方式Ⅲ，在無風时以及有風而風力發动机的功率不够应付負載曲綫固定負載时，風力發动机是不接入运行的。按照方式Ⅳ，風力發动机可以依照等級式的負載曲綫來运轉，从最小运行風速开始，几乎在所有風速下都是在运轉的。

固定的負載曲綫（圖27），在風力發动机和热力發动机並联运行，或在热力發动机作为备用的情况下，都可以同样地得到保証。

在圖 28 上的方式Ⅰ和Ⅱ是設計为並联运行用的：

Ⅰ——風力發动机运轉帶有慣性蓄力机，慣性蓄力机可吸收風力的波动。

Ⅱ——風力發动机运轉不帶慣性蓄力机。

按照方式Ⅲ，風力發动机和热力發动机是輪換地在运轉一只發电机，但是按照方式Ⅳ，每个發动机則分别运轉自备的發电机。風力發动机僅僅是在風力減弱到这样的程度以致它的功率不足以保証負載曲綫时才被切除。按照这种运行方式，風力發动机可以运轉等級

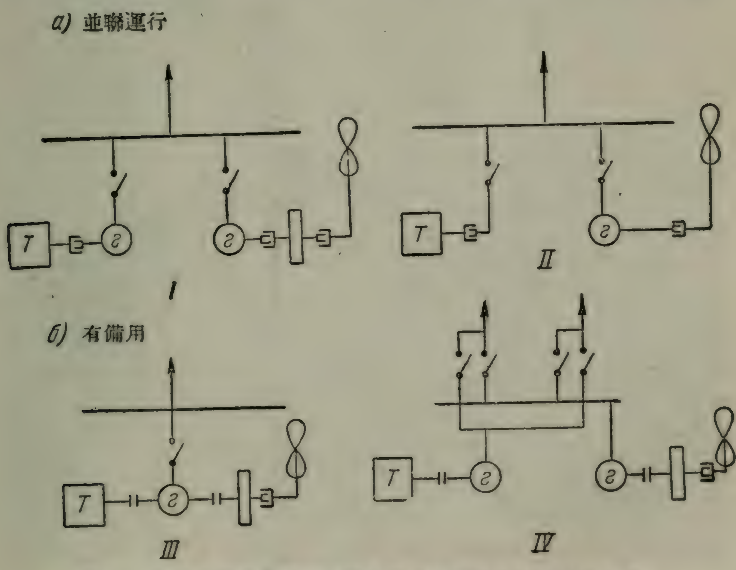


圖 29　在固定負載曲綫下运轉的風力电气联动机的运行方式

式的負載。

要选擇最有利的运行方式，只有在应用中檢查各种运行后才有可能。在各种运行方式之中，有的已在全苏農業机械化研究所的廣



圖 30 全苏農業机械化研究所廣場上的風力發电站

場上以試驗的条件檢查过了，圖 30 所示的就是这研究所的風力發电站。

圖 31 所示的是这个風力發电站的輸出曲綫。这圖上的数目字是指接入的負載数目。

上列的实驗数据給風力在農業中应用的前途作出了一个概括的

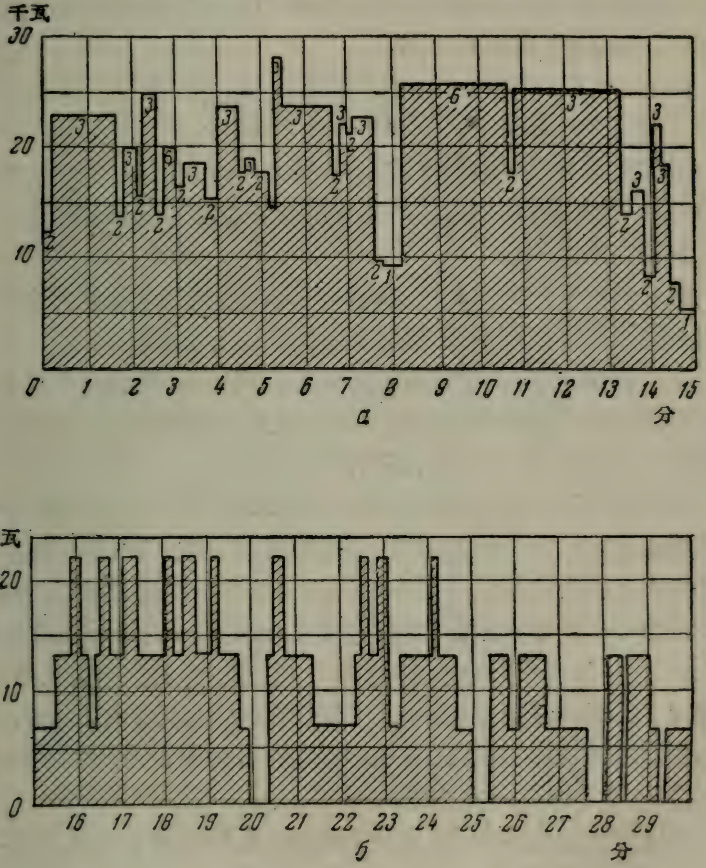


圖 31 按全苏農業机械化研究所的数据帶着等級負載的風力發电站的运行曲綫。

a. 小时平均風速为 8.6 米/秒；*б*. 小时平均風速为 5.3 米/秒。

观念。所檢查的是一些不接入动力系統而跟有相称功率的热力發电站並联运行的風力發电站的运行方式。跟系統並联运行的風力發电站也已經全苏農業电气化研究所(ВИЭСХ)在試驗上的檢查。所得到的結果証明：風力發电站接入动力系統，它的运行將有很好的效果。同时，技術方面的某一些措施也可得到大大的簡化，如風力發动机、仪器和設备可以得到划一的規格，工作人員可以減縮到最低限度，因而就減低了輸出的成本。

(四)風力水泵裝置

在建立風力水泵裝置以前，必須弄清楚下列的原始資料：水源的流量，水的消耗量，某一地区的年平均風速和風力水泵裝置將以工作的供水高度或水头。

如果水井和水穴里的水很淺，而且水量也不多，那末功率大的風力水泵裝置旣不保証農業上的用水，而且还可能毁坏水源。

在这种情况下，为了获得跟消耗量相应的水源流量，必須开鑿新井。例如，在土尔克明尼亞省，当很难得到高流量水源时可建造擴大容量而井底达好几立方米的錫萊特列式水井。

在風力發动机尙未运轉以前，水井擴大了容量的这一部分中事先就積聚着至静水平的水，其数量有好几立方米。在这时候，風力發动机每小时的生產率跟水每小时流入量無关。当風力發动机將所有積聚在水井里的水都汲完之后，它就停止运轉，一直到水再度積聚时为止。这样，只要水井中一晝夜流入的水量不少於水一晝夜的消耗量就行了。例如，某一農場一晝夜所需要的水量为 10 立方米，而这一水量是足够 50 头奶牛或 1000 头羊用的，那末水井每小时的流入量应当是 10:24=0.4 立方米。

適应着水源的流量，風力水泵裝置的功率可按下式來决定，

$$N=\frac{Q\cdot H\cdot 1000}{75\cdot 3600\cdot\eta}=\frac{Q\cdot H}{270\cdot\eta}\text{馬力},\tag{20}$$

因而，

$$Q=\frac{N \cdot 270 \cdot \eta}{H}, \tag{21}$$

这里，N——風力發动机所需的功率(馬力)，这功率是它在8米/秒的風速下运轉某一水泵时应当有的功率；

H——水头(米)；

Q——被运用在某一系統中的風力水泵裝置的生產率(立方米/小时)；

η——裝置的总效率，其数値是等於0.55—0.65。

水一晝夜的总消耗量是等於各个用戶一晝夜的消耗量的总和，即

$$Q_{cyт}=\Sigma qn,$$

这里，q——各个用戶的用水定額，以一晝夜的立升数計算；

n——用戶的数目。

牲畜的用水定額在有关畜牧業机械化的書籍中都有列出。

在一晝夜之中，各个时間的水消耗量是不相等的，通常，消耗最大是在白天——从8点鐘到12点鐘。

为了不管用戶的需用情况而使它的用水供应有所保証，必須有貯水箱把水儲藏起來。

通常，貯水箱的容量是等於兩晝夜的用水量，即

$$W=2Q_{cyт}.$$

同时，風力發动机的功率应当等於

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2.$$

一晝夜的用水量是跟牲畜的数目有关，即

牛的数目	100	200	300	400	500
一晝夜用水量，立方米	21	42	63	84	105

例如，在年平均風速为4米/秒的地区，一个用於有牲畜总数为牛300头的飼料車間的風力水泵裝置，在最小运行風速 $V_{min}=4$米/秒，貯水要有兩晝夜用水量，而供水的水头为30米的情况下，它的功率是可以下列計算來求得。

在整个晝夜24小时运轉的情况下，所需的平均功率是

$$N_{cp}=\frac{Q\cdot H\cdot 1000}{75.3600\cdot \eta.24}=\frac{63\cdot 30}{270\cdot 24\cdot 0.6}=0.49\text{馬力},$$

風力水泵装置的裝置功率应当等於

$$N_{y}=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{0.49}{0.36\cdot 0.76}\cdot 2\cong 3.6\text{馬力},$$

这里，

$$K_1=K\frac{0.23}{0.30}=0.36\cdot 0.76.$$

貯水箱的容量是

$$W=2\cdot 63=126\text{立方米}.$$

为了要使風力發动机能够保証供应一晝夜用的和儲藏的水量，它的功率必須增到兩倍。

如果無風时期持續到一晝夜以上，那就要採用备用發动机（或馬力联动裝置）。

用來貯水的貯水塔是風力水泵裝置附近一种必要的建筑。它使得風力發动机可以整个时間运轉，这样不僅使它能够供应某一时間內的用水，而且还能够把水儲蓄起來以应付無風时期。

圖32所示的是帶有貯水塔的典型風力水泵裝置的整体結構。風力發动机是安裝在水井或水穴的上面。在冬天，裝有水泵設备的地面可用稻草盖板來保暖。

如果風力發动机不能直接安裝在水源之上，可以把它裝在离开水源的地方，而使用傳动机構。

要是貯水箱的貯水量不足以保証持續的無風时期之內用戶的需要，那末每个風力水泵裝置附近都应当裝設一种設备，以使在無風时能用备用發动机，馬力傳动裝置或者用手來运轉水泵的活塞。

在 TB-5 型風力發动机上，曲柄机構容許有兩种活塞冲程：300和400毫米。水泵的活塞冲程是根据水头和某一地区的年平均風速來安置的。風力水泵联动机的运行情况应当这样：在風速等於

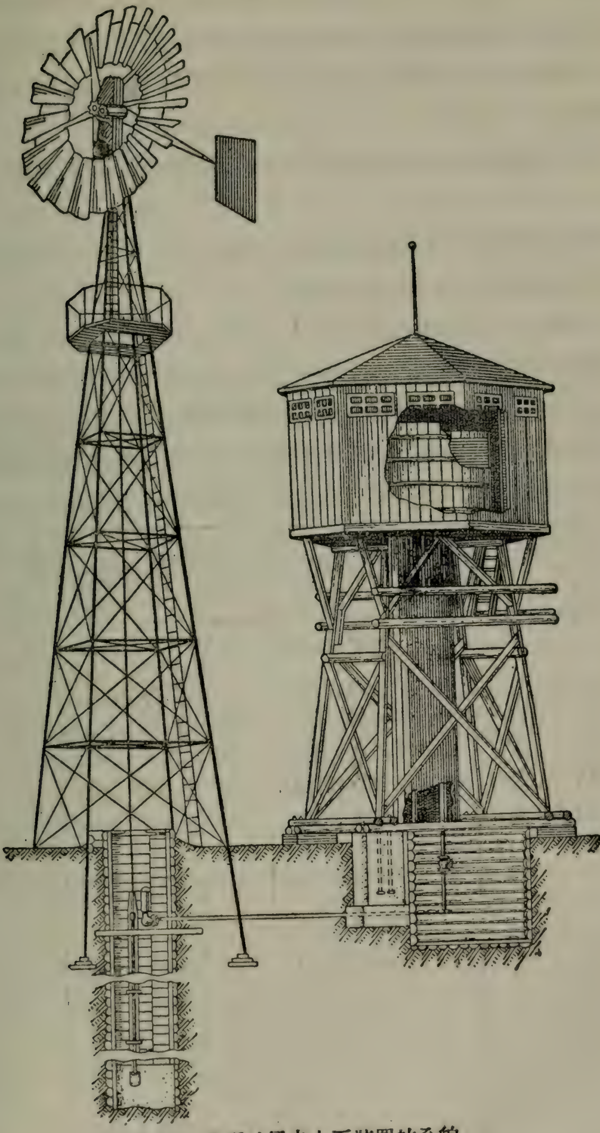


圖 32 典型的風力水泵裝置的全貌

这一地区年平均風速时，水泵要使風力發动机承受着十足的負載。如果按着表7來选擇活塞冲程，我們便可得到这一种負載。和某一水头下联动机的生產率相適应的水井流量，已在这表的右边最后一行中列出。

有了活塞冲程，就不难决定接在水泵活塞桿上的傳动横桿的長度。

在活塞式水泵有了正确选擇的情况下，TB-5 型風力水泵裝置的生產率將具有表9所示的数值。

如果風力發动机安置在水井上面而不用附加的傳动裝置，那末水泵只能有兩种曲柄所允許的冲程：300 或 400 毫米。在这种情况下，風力水泵联动机在各种水头下將具有各种不同的性能。这樣的联动裝置（在水泵直徑为95毫米和冲程为300和400毫米时）的生

表9　　TB-5型風力水泵联动机的生產率

供水总水头 米	風速，米/秒 3	4	5	6	7	8和8以上	所需的水井流量 立方米/小时
年平均風速为3米/秒							
10	1960	3880	5400	6900	8300	9950	10
20	980	1940	2700	3450	4150	4950	5
30	520	1290	1800	2300	2760	3320	3.5
40	490	970	1350	1725	2075	2480	2.5
50	312	775	1080	1380	1660	1980	2.0
60	260	645	900	1150	1380	1660	1.8
70	223	550	770	985	1180	1420	1.5
年平均風速为4米/秒							
10	—	4720	8160	10900	14000	17000	17.0
20	—	2360	4080	5450	4000	8500	8.5
30	—	1570	2720	3640	4670	5670	6.0
40	—	1180	2040	2725	3500	4250	4.5
50	—	950	1630	2180	2800	3400	3.5
60	—	790	1360	1820	2335	2830	3.0
70	—	675	1160	1560	2000	2430	2.5

產率，如表10所示。

兩表所示的生產率在小的和大的水头下，数値是有些懸殊的，这是由於表 9 中所示的生產率是在水泵大小跟水头相应，联动机以一种对某一年平均風速來說是有利的运行情况运轉时所取得的数値。在表 10 中，水泵大小跟水头既不相应，而运行情况在每一种新水头下也有所改変。在这一情况下，特别不能令人滿意的运行情况是水头很低，而低於 30 米的时候。在大的水头下，風力水泵联动机的每小时生產率虽然高了一些，但是联动机却不能利用 3 米/秒和 5 米/秒的風速。这样，就縮短了風力裝置的运行时間。

TB-8 型風力水泵裝置適宜於作大的畜牧場供水之用。風力發动机的減速器裝有傳动水泵的曲柄。由減速器的曲柄机構來傳动水泵的活塞桿，減速器是安置在竪井的旁边，而在竪井中設着水泵裝备。曲柄連桿的桿端有一銷軸，在这軸上套着兩个在弧形導向軌上

表 10　TB-5 型風力水泵联动机在 h= 300 和 400毫米时的生產率

水头，米	活塞冲程 毫米	風速，米/秒					
		3	4	5	6	7	8和8以上
10	300	860	1200	1400	1750	2140	2540
	400	1070	1530	1990	2450	2840	3360
20	300	690	1090	1460	1800	2100	2500
	400	915	1380	1880	2360	2760	3300
30	300	600	1000	1380	1740	2070	2460
	400	690	1220	1760	2260	2680	3200
40	300	460	920	1300	1670	2000	2420
	400	—	1070	1610	2140	2600	2140
50	300	400	825	1230	1610	1900	2380
	400	—	915	1520	2040	2520	3060
60	300	280	730	1150	1510	1920	2320
	400	—	690	1380	1910	2450	3000
70	300	—	575	1080	1480	1860	2280
	400	—	—	1220	1800	2360	2760

滚动的滚子。水泵活塞桿沿垂直軸綫的往返运动是靠它們來保証的。滚子軸是支靠在搖臂的末端，搖臂上帶着平衡装置的重錘。搖臂可在一个支点上搖擺，而这支点是嵌住在凹鉄条做成的軌道上的。

从深的水井和水穴中汲取用水，为了均衡水泵活塞桿的重量，必須利用平衡器。如果从河和露天貯水池，以及深度不到 10 米的水井中汲取用水，那就不需要平衡器。

表 11 TB-8 型風力水泵裝置在不同 h 下的生産率

供水总水头 米	風速，米/秒						所需的水井流量 立方米/小时
	3	4	5	6	7	8和8以上	
年平均風速为 3 米/秒							
10	5300	10600	14800	19000	23400	27400	27.0
20	2650	5300	7400	9500	11700	13700	14.0
30	1770	3540	4940	6340	7800	8800	9.0
40	1325	2650	3700	4750	5850	6850	7.0
50	1060	2120	2960	3800	4680	5470	5.4
60	885	1770	2470	3170	3900	4400	4.4
70	760	1520	2110	2700	3340	3860	4.0
80	660	1325	1850	2375	2925	3425	3.5
90	590	1160	1640	2100	2600	3020	3.0
100	530	1060	1480	1900	2340	2740	2.7
年平均風速为 4 米/秒							
10	—	14600	22600	31000	40000	49000	49.0
20	—	7300	11300	15700	20000	24500	24.0
30	—	4860	7550	10500	13300	16400	16.0
40	—	3650	5650	7850	10000	12250	12.0
50	—	2820	4520	6300	8000	9800	10.0
60	—	2430	3775	5250	6650	8200	8.0
70	—	2080	3240	4500	5700	7000	7.0
80	—	1825	2825	3925	5000	6125	6.0
90	—	1640	2500	3480	4440	5430	5.5
100	—	1460	2260	3140	4000	4900	5.0

按照表 8 去选择对应於每一实际水头的活塞冲程，就可以得到如表11所示的 TB-8 型風力水泵裝置的生産率。

如果减速器曲柄結構所規定的活塞冲程仍旧取作等於450和250毫米，那末水泵的运行性能將会很不合適：在小的水头下，联动机的生產率不足，而在大的水头下，風力發动机將要过載运轉。

对於各种風速和水头來决定活塞冲程，便可以得到TB-8 型風力水泵联动机的生產率，其数值如表12所示。

表 12　TB-8 型風力水泵裝置在 $h=300$ 和 400 毫米时的生産率

供水总水头 米	活塞冲程 毫米	風速，米/秒					
		3	4	5	6	7	8和8以上
10	450	3880	6100	8400	10500	12800	14700
	250	2500	3840	5000	6100	7300	8450
20	450	812	4900	7100	9400	11700	14100
	250	1900	3300	4960	5720	6950	8200
30	450	—	3600	6020	8400	10900	13400
	250	900	2900	4150	5500	6700	8000
40	450	—	1620	5160	7500	10100	12500
	250	—	2440	3540	5050	6400	7700
50	450	—	—	3200	6600	9350	1170
	250	—	2120	3400	4740	6150	7450
60	450	—	—	—	5160	8750	11000
	250	—	1500	3080	4460	5900	7200
70	450	—	—	—	4300	7700	10300
	250	—	—	2700	4100	5600	6860

这种型式的風力發动机新近都是以运轉 $d=120$ 毫米，而不是146 毫米的活塞式水泵而制造的。

这样，水泵活塞缸的有效容量就要减小到 $146^2:120^2=1.48$倍。同时，运轉 $d=120$ 毫米活塞式水泵的風力發动机生產率，在同样的活塞冲程 450 和 250 毫米下，亦將降低，其数据要比表 12 中所示的数值小。

要得到运轉 $d=120$ 毫米活塞式水泵的 TB-8 型風力水泵装置的計算生產率,必須按照表 9 來确定適合於某一水泵的活塞冲程。

如果TB-8 型風力發动机供应農場所需的用水还有余力,那末它可以用來做一些別的工作。对这种型式的風力發动机來說,最適宜作的別种工作就是碾磨。为此,必須在風力装置附近建立小型的、磨盤直徑为 710 毫米至 800 毫米的碾磨。圖 33 所示的是 TB-8 型風力發动机同时來作供水和碾磨工作的运行方式。

表 13　接到 TB 8、Д-12、Д-18 和 1-Д-18 型風力發动机的工作机

工作机的名称	所需的功率 馬　力	生產率 噸/小时	工作机皮帶輪 轉速,轉/分	皮帶輪的大小 毫　米
TB-8 和 BУ-Д-10 型風力發动机				
备用發动机…………4 头馬拖动的馬力傳动联动装置或 Л-6 型热力發动机				
青貯料切截机 PCБ-1.0	2—4	0.8—2	350—400	400×100
豆餅碾碎机 ДЖ-0.5	1.0	0.75	240—250	580×76
塊根塊莖濯洗机 MП-2	0.5	0.7—3.0	200—320	400×50
塊根切碎机 PKP-2	1.0—1.5	0.3—3.0	100—120	360×85
馬鈴薯揉碎机 KM-1.5	1.5	0.6—3.0	450	—
碾磨,磨盤直徑为 710 毫米	5.0	0.150	170	—
活塞式水泵, $d=120$ 毫米	—	—	—	—
Д-12 型風力發动机				
备用發动机………Л-6 型				
青貯料切截机 PCБ-1.0	2—4	0.8—2	350—400	400×100
錘式碾碎机 ДМЖ-0.1	3—4	0.1—0.3	1600	140×105
飼料磨碎机ИK-3,沒有風扇的	5.0	0.6—0.7	950—1200	190和150×130
塊根塊莖濯洗机 MП-2.5	0.5	0.7—3.0	200—320	400×50
塊根切碎机 PKP-2	1.0—1.5	0.3—3.0	100—200	360×85
馬鈴薯揉碎机 KM-1.5	1.5	0.6—3.0	450	—
碾磨,磨盤直徑为 710 毫米	5	150	170	—
$d=120$ 毫米活塞式水泵和接自風力發动机的絞車或 2 馬力以下的鑿井絞車				

Д-18 和 1-Д-18 型風力發动机

風力發动机功率为 25 仟瓦

备用發动机，功率为 34 馬力 ЛПУ-1 型蒸汽机或 34 馬力柴油机				电动机的型式
青貯料切截机 РСС-6.0	4.5	—	1440	АО-АОЛ-51-4
豆餅碾碎机 ММЖ-0.5	10	—	1460	АО-62-4
飼料磨碎机ИК-3，有風扇的	7	—	1440	АО-АОЛ-52-4
蔬菜运輸机	1.7	—	1420	АО-АОЛ-41-4
塊根塊莖濯洗机МП-2.5	0.5	0.7—3.0	200—320	АО-АОЛ-31-4
塊根切碎机 РКР-2	1.0—1.5	0.3—3.0	100—120	АО-АОЛ-41-6
馬鈴薯揉碎机КМ-1.5	1.5	0.6—3.0	450	АО-АОЛ-41-6
离心式水泵	4.5	12.0	1450	АО-АОЛ-51-4
通用碾磨 МДУ-4	7.0	—	1440	АО-АОЛ-52-4
接到風力發动机的發电机 СГ-35/6	28	—	1100	—

風力發动机可以同时运轉活塞式水泵和磨盤。在这时候，風力的利用系数將为最大。

这問題是在於：水泵能够使發动机承荷滿額的負載，僅僅是在風速为 3—6 米/秒的时候。当風速大於 6 米/秒时，水泵所能利用的功率却不到風力發动机輸出功率的 30%。因而在这种風速下，有 70% 的功率是可由磨盤來利用。將水泵和磨盤所消耗的功率总加起來，便可得到跟風力發动机运行性能配合得非常有利的裝置运行特性。在所有的風速下，联动机一直到开始限制轉速时为止，都是以高的風力利用系数运轉着。为了獲得風力联动机最大的輸出能量，也要求有这样的情況。

（五）运轉在飼料車間的風力裝置

飼料車間的主要工作机：粮谷碾碎机、豆餅碾碎机、青貯料切截机、塊根切碎机、塊根濯洗机等等：都是可以有效地由風力發动机來运轉的。因为加工出來的成品可以建立貯藏，風力發动机由於沒有風而中断工作亦不致於影响到牲畜飼料的及时供应。

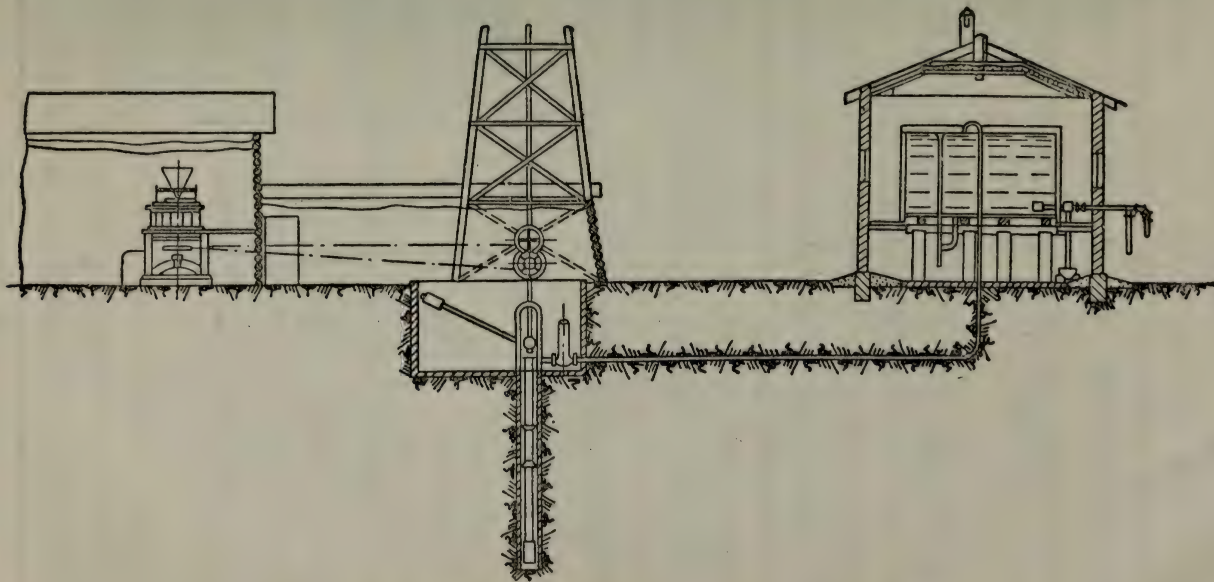


圖 33　同时作供水和碾磨工作的風力發动机的运行方式

在表 13 中，列举了飼料車間里的各种工作机，这些工作机都是可以由 ТВ-8，ВУ-Д-10，Д-12，Д-18 和 1-Д-18 等型風力發动机來运轉的。在安裝这些工作机时，最重要的是正确选擇工作机轉速对風輪轉速的傳动比。

工作机皮帶輪的轉速和風力發动机皮帶輪的轉速是跟它們的直徑成反比的，即

$$\frac{D_{м}}{D_{р}}=\frac{n_{р}}{n_{м}},$$

因而，

$$D_{м}=D_{р}\frac{n_{р}}{n_{м}},$$

这里，$D_{р}$——風力發动机減速器皮帶輪的直徑；

$D_{м}$——工作机皮帶輪的直徑。

在風力發动机运轉着好几个小型工作机的場合，运行風速从 3 米/秒开始是有可能全部得到利用的。採取按照風所存在的情况接入不同数目的工作机就可达到这目的。

在規模大的集体農庄中，最適宜於运轉飼料車間工作机的是 Д-12、Д-18 和 1-Д-18型風力發动机。对这些型式的風力發动机，可接入許多功率小於 10 馬力的工作机。

这些型式的風力發动机也可以用作灌溉、碾磨等工作，而且在具备慣性蓄力机的情况下，还可作电气化之用。

（六） 風力裝置的功率决定

用以决定風力裝置功率的原始資料可由負載曲綫做出。風力裝置的功率 N_{y}，如前面所講，是可以从一晝夜的用水量出發而按照下式來确定的：

$$N_{y}=\frac{N_{cp}}{K_{1}}\cdot 2.$$

决定飼料車間用的風力裝置的裝置功率，要根据一晝夜为某一

定牲畜数目加工飼料的整个工作，或每年所消耗的总能量出發。每年消耗在飼料車間工作上的能量跟農場里的牛的数目有关，如果不考慮照明所用的能量，同时也不考慮負載曲綫的季節性和設备的性能，其数值則如表 14 所示。

表 14 每年消耗在飼料車間工作上的能量

牛的数目，头	每年的能量消耗，仟瓦小时	牛的数目，头	每年的能量消耗，仟瓦小时
100	15000	600	90000
200	30000	700	105000
300	45000	800	120000
400	60000	900	135000
500	75000	1000	150000

为了降低裝置的功率，負載曲綫应当如此編制，以使一晝夜的能量消耗如按晝夜小时來分配，多少趋於均勻，而这样的負載曲綫在同时运轉的工作机数目最小的情况下，是可以獲得的。拿圖34所示的、有牛 300 头的飼料車間在不考慮照明所用的电能消耗时所編制出來的負載曲綫作为例子。从这曲綫中可以明顯地看到：在一晝夜 24 小时运轉的情况下，工作机同时运轉的最大功率是等於 8 仟瓦。

於是，風力發动机的裝置功率，在具备只在無風之日或風速弱小时投入运轉的备用發动机的情况下，將等於

$$N_y=\frac{\alpha}{K}N_{max}=\frac{0.7}{0.36}\cdot 8=15.5\text{ 仟瓦},$$

这里，$\alpha=0.7$ 是負載曲綫的塡充系数，$K=0.36$ 是在 $V_{min}=4$ 米/秒和 $V_{cp}=5$ 米/秒时裝置功率的利用系数(見表 6)。要是有了 8 仟瓦的、只將在風速低於运行風速时才投入运轉的备用發动机，在这一地区設置 Д-18 型風力發动机可保証着这个功率。

但是，如果是按照热力發动机跟風力發动机並联运行的方式來建立动力裝置的話，那末，$N_y=N_p=8$ 仟瓦。这一功率可用 Д-12型風力發动机來保証。

对分散在農場庄園各处的工作机傳送能量，最宜採用电力傳动的風力联动机。但是，对於机械傳动的風力联动机來說，各个工作机就应該裝在一处。下面举一个用於飼料車間的、帶有机械和电力傳动的風力裝置的例子，同时还作出了这个裝置的动力近似計算。例

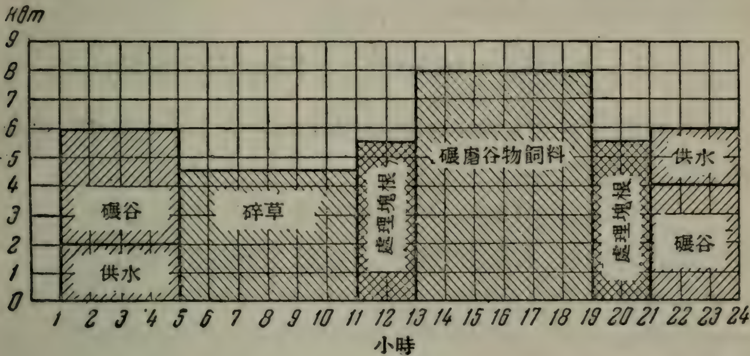


圖 34　300 头牛的飼料車間的負載曲綫

如，農場牛的数目为 300 头，按照表 14，其所需的能量是等於 15000 仟瓦。在整个运行时間 $T=8760$ 小时之內，每小时的平均功率应当等於

$$N_{cp}=\frac{15000}{8760}=1.72\text{ 仟瓦}.$$

按等式(13)，風力發动机的裝置功率应当等於

$$N_{y}=\frac{N_{cp}}{K}.$$

对年平均風速为 4 米/秒的地区來說，在 5 米/秒的最小运行風速下，系数 K 按照表 6 是等於 0.2，因而，裝置功率如不考慮負載系数將等於

$$N_{y}=\frac{1.72}{0.2}\cong 8.6\text{ 仟瓦}.$$

这功率跟 10 仟瓦很接近，相当於 Д-12 型風力發动机的裝置功率。

这風力發动机能否供应一年所需的能量，我們現在來校驗一下。

在表3中，已列出Д-10型風力發动机每年輸出的能量。在年平均風速为4米/秒的地区，这种風力發动机在風輪軸上的輸出能量是20515馬力小时＝16000仟瓦小时。因而参照等式(12)，Д-12型風力發动机的輸出能量將等於

$$A_{г}=A_{10}\frac{D^2}{10^2}=16000\frac{12^2}{100}=23000 \text{仟瓦小时}.$$

把各种損耗考慮在內——机械損耗約20%，而使用損耗也取作一样，便可得到有用的輸出能量：

$$A_{пол}=A_{г}\eta_{м}\eta_{эк}=23000\cdot0.8\cdot0.8=14700,$$

約15000仟瓦小时，这農場所需的能量也正是这个数目。

根据飼料車間动力大小的这种概略計算，就可以來选擇風力發动机的型式和功率。至於备用發动机的功率，那就应当根据負載曲綫的固定負載而同时运轉的工作机总功率來确定。参照表13，沒有一种工作机的功率是大於5馬力的；按固定負載曲綫运轉的工作机——塊根濯洗机、塊根切碎机、馬鈴薯揉碎机等所需的总功率是3馬力。这样，作为备用的發动机可以用大家都知道的Л-6型6馬力的热力發动机。

圖35所示的是一个飼料車間的結構布置，这車間的設备是从Д-12型風力發动机獲得动力供应的。

車間的面積是6.5×10.5＝68.25平方米，車間的旁边建有一个面積为5×10.5＝52.5平方米的附屬鋼骨建筑。在这附屬建筑中安置着飼料車間的动力裝置：風力發动机的減速器和备用的Л-6型热力發动机；在那里还裝有水泵裝置，而且在另一个單独的房間里設有РСС-6型青貯料切截机。在飼料車間里裝有：МП-2.5型塊根塊莖濯洗机，РКР-2.0型塊根切碎机和ДМК-0.1型錘式碾碎机。此外，还裝了Г-731型1.5仟瓦的直流發电机以作照明之用。在飼料車間里还裝有蒸浸飼料的箱子，貯藏碎飼料的箱子和其他設备，它們的名称已在圖35的圖註上註明。

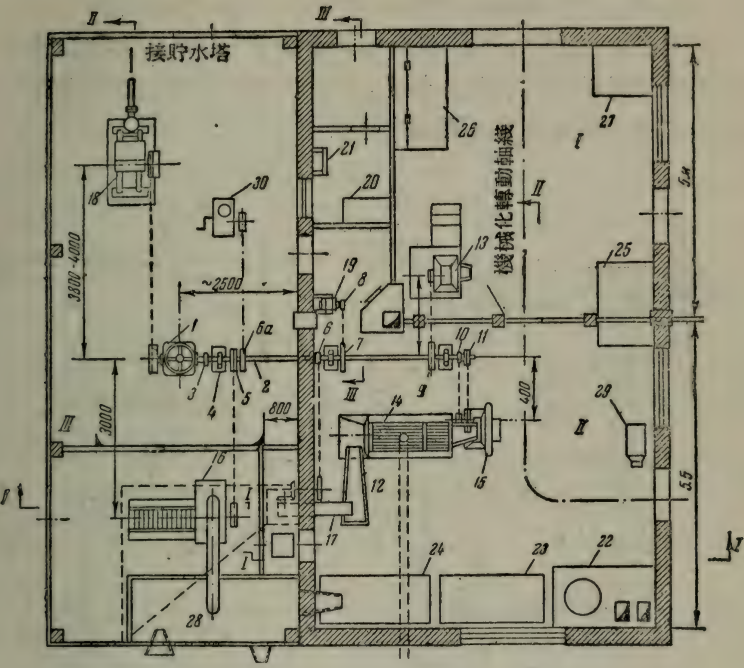


圖 35　由Д-12 型風力發动机供应动力的飼料車間平面圖

1.Д-12 型風力發动机的減速器；2.長4.5米的傳动总軸；3.直徑45毫米的法蘭盤式联軸器；4.滾珠軸承和外殼鉄箱；5.青貯料切截机的皮帶輪 $D=400$ 毫米；6.輸送机的皮帶輪；6*a*.备用發动机的皮帶輪；7.傳动發电机的总軸皮帶輪$D=620$ 毫米；8.發电机皮帶輪 $D=125$毫米；9.錘式碾碎机皮帶輪 $D=710$ 毫米；10.块根濯洗机皮帶輪 $D=320$ 毫米；11.块根切碎机皮帶輪 $D=160$ 毫米；12.導向槽；13.ДМК-10 錘式碾碎机；14.块根块莖濯洗机 МП-2.5；15.块根切碎机 PKP-2.0；16.青飼料切截机 PCC-5；17.蔬菜运輸机；18.活塞式水泵 $d=95$毫米；19.1.5千瓦直流發电机Г-731；20.蓄电池 144安培小时；21.充电配电盤；22.蒸汽發生器；23.混料机；24.蒸薫箱；25.精料箱；26.粗料箱；27.鹽化箱；28.青貯飼料貯藏室；29.磅秤；30.备用發动机 Л-6。

圖 36 所示的是具有 1-Д-18 型風力發电設备的風力电气裝置的布置，在这裝置的傳动系統中並接有惯性蓄力机。風力發动机和热力發动机是並行地來运轉飼料車間的，車間里的工作机都是用电气

傳动裝置裝备起來的。在这圖上並示出了各个工作机的布置情況，它們是按照工作性質和管理而分置在車間的各个地方的。

採用了电力傳动，工作机的布置是很方便的，因为在这情況下，它們跟傳动总軸沒有联系。但是，由於电动机中有能量損耗存在，所以电力傳动的能量損失也要大一些。

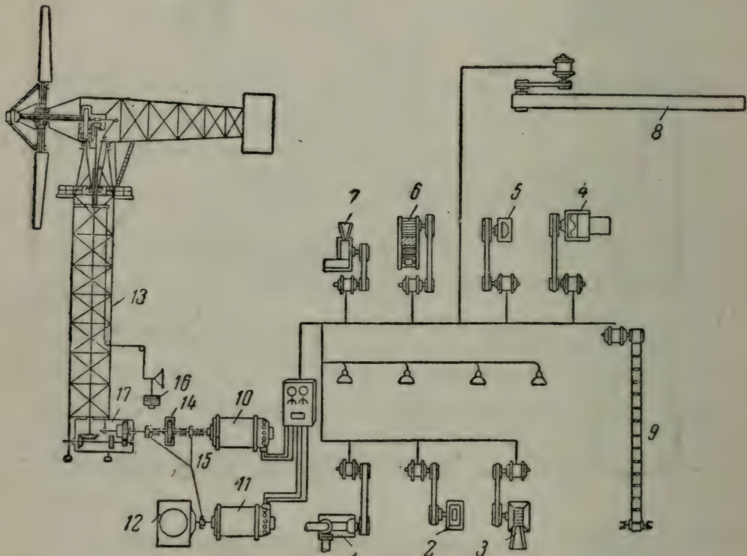


圖 36　飼料車間用电力傳动的結構圖

1.离心式水泵 ЛК-15-12;2.通用碾磨 МДУ-4;3.青貯料切截机 РСС-6;4.馬鈴薯揉碎机КМ-15;5.塊根切碎机 РКР-2;6.塊根塊莖濯洗机 МП-[illegible].5;7.飼料碾碎机 ИК-3; 8.蔬菜运輸机; 9.双戽水車; 10.風力發动机的發电机; 11.热力發动机的發电机; 12.热力發动机; 13.風力發动机;14.慣性蓄力机; 15.松动联軸器; 16.風力發动机的調整重錘;17.減速器。

(七)風力裝置的运行指标

要使風力發动机运行得最經济，必須保持兩个很重要的条件：不論白天和夜間，当風速大於 3米/秒 时風力裝置都应該帶着有效的負載运轉。同时風力發动机应該由有經驗的机师來管理。

表 15 經済計算

計算項目和其数値决定的方法	年平均風速，米/秒				
	4	5	6	7	8
1	2	3	4	5	6
原始資料					
不考慮照明用的电能，每年消耗的总能量 $A_{гр.н}$，$A_{гр.н}=\alpha\cdot N_{Max}\cdot 8760$，仟瓦小时	49000	49000	49000	49000	49000
風力發动机裝置功率的利用系数 K（見表 6）	0.22	0.36	0.50	0.62	0.72
風力發动机的輸出能量 $A_{B}=N_{y}TK=8\cdot 8760\cdot K$ 仟瓦小时	13700	22400	31000	38400	45000
热力發动机的輸出能量 $A_{т.д}=49000-A_{B}$ 仟瓦小时	35300	26600	18000	11000	4000
燃料消耗当 $q=0.5$ 公斤/仟瓦小时，公斤	17650	13300	9000	5500	2000
空轉的燃料消耗，等於总消耗的 25%，公斤	4500	3320	2250	1375	500
燃料消耗的总和，公斤	22150	16620	11250	6875	2500
一只热力發动机在整年运轉时的燃料消耗，公斤	24500	24500	24500	24500	24500
靠風力發动机的运轉，每年節省的燃料 $Q_{э}=Q_{т}-Q_{pacx}=24500-Q_{pacx}$，公斤	2350	7880	13250	17625	22000
節省燃料的百分数，%	9.6	32.0	54.0	72.0	90.0
相应於負載曲綫（見圖 34）功率为 8 仟瓦的風輪直徑，米	12	12	12	12	12
基本費用					
風力發动机在大量生產时的，盧布	30000	30000	30000	30000	30000
热力發动机，盧布	12000	12000	12000	12000	12000
2 發电机跟电力傳动裝备，盧布	20000	20000	20000	20000	20000
热力發动机的安裝和运輸，盧布	3000	3000	3000	3000	3000
电力設备安裝，盧布	2000	2000	2000	2000	2000
总計，盧布	76000	76000	76000	76000	76000
全年运行費用					
机師工資，按每月 800 盧布計	9600	9600	9600	9600	9600
雜支，按工資 5% 計	480	480	480	480	480
折旧費，按基本費用总計的 6.9% 計	5250	5250	5250	5250	5250
臨时修理費，以(76000—15000)盧布的 4% 計	2430	2430	2430	2430	2430
燃料消耗費，按 0.4 盧布/公斤計	8850	6660	4500	2740	1000
滑潤剂和揩擦材料費	500	500	500	500	500
全年費用总計 Γ，盧布	27110	24920	22760	21000	19260
每仟瓦小时成本 $C=\frac{\Gamma}{49000}$ 盧布/仟瓦小时	0.55	0.51	0.46	0.43	0.39

風力装置的輸出成本，跟其他装置一样，是由装置的全年运行費用和它的全年輸出的比值來决定的，即。

$$C=\frac{\Gamma}{A}.$$

不論当时的全年輸出或大或小，全年运行費用 Γ 总是一个固定不变的数值。

如果运行風速在多叶式風力發动机从 3米/秒开始，在快速風力發动机从4米/秒开始全部得到了利用，那末風力發动机的运行时数，以及它的全年輸出都可以决定出來。如果風力發动机在夜間或在沒有負載的时候，不管有風或沒有風都要停止运轉的話，那末無論运行时数或全年輸出都是無法决定的。

我們現在來看一下，在有着各种不同的年平均風速的地区里，当風力發动机跟热力發动机並联运行时，靠風力發动机的运轉而獲得的电能究竟是用在那些項目上面。

对一个農場有 300 头牛的農庄來做出一个經济計算(見表 15)，計算中採取了这样的假定：風力發动机的輸出在时間上是跟負載曲綫相应的；空轉的燃料消耗是等於总消耗的 25%。

四. 从風力發动机运行經驗中得來的一些資料

目前，运用在農業中的風力發动机有下列几种型式：在供水方面有 TB-5、TB-8 和 УНДИМ Д-10 型；在供水兼碾磨方面有 TB-8 和 УНДИМ Д-10型。在單独碾磨上則用手工業制造的風磨，这种風磨現在还有相当多的数量。

在1954年，全苏農業机械化研究所(ВИМ)已在庫尔斯克、哈尔科夫、坡尔塔瓦和基輔等省区進行了風力裝置运行情况的調查，其目的是为了找出它們运行不能令人滿意的原因，以及良好运行的風力裝置的經济效果，而使优秀的經驗能在其他的集体農庄中得到推廣。

曾經調查了 50 个以上的風力裝置，並且从地方組織獲得了 200 个風力裝置的运行資料，而这些地方組織对它們区域里所裝設的風力發动机是曾經進行过統計的。

从所收集的材料，对於風力裝置运行情况和其运行效果，可以作出以下的概述。

机械化已根据存在某种型式的風力發动机而進行了。对農庄來說，獲得 TB-5 型風力發动机是有可能的，这种風力發动机只能运用於供水工作，而使供水工作机械化起來。TB-8 型風力發动机既可用來供水，也可用來运轉其他小型的工作机。因此，具备这种風力發动机的農庄，既可使供水机械化，而主要地还可使碾磨工作机械化。如果集体農庄能够買到功率較大的風力發动机，譬如 Д-12 和 Д-18 型，那末依靠風力發动机，机械化还可推廣到其他的繁重工作。

很多集体農庄做得很对，它們在自己的農場中裝設着好几部風力發动机，一部用來供水，一部用來作碾磨工作，而另一部用來作飼

料的調制工作。如果在農庄中用一部大型的、通用的風力發动机，或者用几部風力發动机來担負各种不同的工作，例如，用 TB-5 型風力發动机來供水，TB-8 型風力發动机來作碾磨和飼料車間的工作，而使整套工作机械化起來，那末輸出的成本就会相当便宜。例如，在克拉斯諾达尔边区布金集体農庄里，就裝有五部風力發动机，兩部 TB-5 型和三部 TB-8 型。

在 1938 年裝設起來的 TB-5 型風力發动机，到現在为止一直保証着兩个有 1000 头牛的牛奶場用水的不断供应。在每部風力發动机附近裝有容量为 20 立方米的貯水箱。TB-8 型風力發动机是在 1949 年裝設起來的，它是一种功率較大的發动机，用來担負几个農場——1000头猪的商品养猪場，350 头馬的养馬場和 700 头牛的牛場的供水工作的。所有五部發动机由兩位机师來管理。这样，在每部風力發动机上只需耗費 2/5 工日，要是在農場只有一部風力發动机的場合，这就需耗費 1 工日。

在集体農庄中設立風力發动机，当工作一經机械化后，它可以使劳动力大大地節省下來，並且还可以使現金收入增加。

在克拉斯諾达尔边区的加尼夫地区加里寧集体農庄中，TB-8 型風力發动机自 1951 年起就保証着 280 头牛、600 头猪和 40 匹馬的用水供应。此外，它还被用來作碾磨工作。根据集体農庄主席 Д.Т. 留巴尔科的宣称，在裝了 TB-8 型風力發动机后，他們的農庄里就有十五人擺脫了以前忙於送水的工作。

在“走向共產主义”集体農庄中（克拉斯諾达尔边区），从 1939 年起便在供水和飼料谷物的碾磨工作上使用了 TB-8 型風力發动机。

風力裝置保証着 400 头牛、1000 头羊、20 匹馬和 60 头猪的用水和飼料的供应。集体農庄主席 A.A. 拉甫罗夫說，这个裝置在一晝夜中可以節省劳动力，估計达 22.5 个劳动日。

在基輔州基輔区的“克服”集体農庄中，TB-8 型風力發动机使 180 头牛、160 匹馬和 360 头猪的畜牧場的供水得到了保証。此外，这風力發动机还被用來运轉農業工作机。同时，居民也享受到用水。

因而它在一月中供应有 600 立方米的水。在一年之中並加工了 28 噸玉米，切割了 40 噸料草，磨碎了 4 噸豆餅渣和碾制了 10 噸粮谷。

这个風力發动机已使这些类型的工作上所支付的电費开支得到了縮減。

在坡尔塔瓦州季康区費杜罗夫卡鄉馬克思集体農庄中，於 1951 年裝了 TB-5 型風力發动机。裝置跟安裝花費了 9900 盧布。帶有 12 立方米貯水箱的風力水泵裝置使养着 283 头牛和 14 头馬的農場的用水得到充分的保証。

在同一集体農庄中的其它農場附近还設有另一部 TB-5 型風力發动机，它是用來保証 100 头牛、44 头小畜、14 头犍牛和 12 匹馬的用水的。

風力水泵裝置附近設有磚的貯水塔，在水塔上裝着 5 立方米的貯水箱。水是以 16 米的水头被汲入这貯水箱中。在这水头下，如有相当的水井，就是牲畜数目增加到 3 倍，TB-5 型風力發动机还是能够保証所需的水量的。但是，在这農庄中水井的流量却不適合於風力發动机的生產率，它僅僅適应於一晝夜的用水量。因此，在这農庄中裝設 TB-3 型風力發动机是比較合理的，这种風力發动机的生產率既很接近於水井的流量，同时也很接近於畜牧場的需要量。

在馬林科夫集体農庄中（坡尔塔瓦州），於 1950 年裝設了 УНДИМ Д-10 型風力發动机。为这裝置，農庄化了 23 000 盧布。風力發动机运轉着帶有直徑約 900 毫米的磨盤的粉磨机。碾磨工作使風力發动机得以滿載运行。靠碾磨工作，集体農庄收到每公担 4.8 盧布的加工費。風力發动机每年平均可給農庄帶來七、八千盧布的收入，这就是說，風力裝置的投資費用早已得到了补償，而且它現在还正在为農庄增加收入。

在坡尔塔瓦省皮利亞金地区波尔斯金村馬雅科夫斯基集体農庄中，TB-8 型風力發动机保証着 300 头猪、200 头奶牛和 7 匹馬的畜舍的供水。

为了裝設这个風力裝置，集体農庄化了 32 000 盧布；其中風力

發动机佔 11 700 盧布，發动机安裝費用佔 4600 盧布，而开鑿深 48米的水井化了 15 700 盧布。容量为 2 立方米的水塔貯水箱是不能完全保証農場在用水上的需要的。

除此之外，農場为碾磨工作还裝了 12 馬力的熱力發动机。要是能够更合理地裝設 Д-12型風力發动机來担負碾磨工作，那末碾磨一噸粮谷消耗 10 公斤燃料的情况也就不会存在了。

在坡尔塔瓦州霍罗列地区烏里揚諾夫斯克村的“新生活”集体農庄中，於 1952 年裝設了 TB-8 型風力發动机跟三所畜舍的整套供水設备。为这裝置，集体農庄化了 76 090 盧布，其中用在風力發动机和它的安裝上面的为 23 390 盧布，用在 25 立方米貯水塔的建造上面的为 21 600 盧布，而用在三所畜舍引水管上的为 31 100 盧布。

風力裝置使养有 195 头牛、70 匹馬和 150 头猪的畜牧場用水得到了保証。在 28 米的水头下，風力發动机的供水生產率每小时达 4.5 立方米；水穴的深度是 26 米。

在坡尔塔瓦州涅赫沃罗薩地区高尔基集体農庄中，从 1938 年起已在供水和飼料谷物的碾磨工作上运用了 TB-8 型風力裝置。在这裝置附近設有磚的水塔，水塔上裝有 10 立方米的金屬貯水箱。水是以 34 米的水头被汲入这貯水箱中，而在这 34 米的水头之中，10 米是水塔的高度，24 米是水井里水流水平的深度。在保持最小的額定用水量的情况之下，水的一晝夜消耗量約等於 37 立方米，这个数字並沒有超过 TB-8 型風力發动机的一晝夜平均生產率。

这風力發动机在 1952 年曾經作过一次大修理，調換了風力發动机的机头、絞車和軸承。

在坡尔塔瓦州卡瑪也夫農業机器站（MTC）卡岡諾維奇集体農庄中，使用着 TB-8 型風力發动机來供应用水和做碾磨工作。水是以 18 米的水头从水井汲到 10 立方米的貯水箱中，这貯水箱被安置在牛舍里，其高度为 4 米左右。畜牧場养有 134 头牛，牛舍都裝有自动的餵水器，水是从貯水箱供应过來的。接在風力發动机上的主要負載是 880 毫米的磨盤。

在坡尔塔瓦州季康区的“共產主义曙光”集体農庄中，为了供应160头牛的畜牧場的用水，在1951年裝設了TB-5型風力發动机。集体農庄为这風力裝置，不包括貯水箱，化了10 300盧布。容量为25立方米的金屬貯水箱是安裝在青貯飼料的保藏室的里面。風力發动机供水的靜水头为13米。在这样的水头下，又有了25立方米的貯水箱，TB-5型風力發动机使160头牛的農庄用水供应得到了充分的保証。

坡尔塔瓦州涅赫沃罗薩区伏罗希洛夫集体農庄，为了供应348头牛、78头犢牛、28匹馬和460头羊的畜舍用水，也裝設了同样的風力發动机。

風力發动机將水汲入一只容量为25立方米的金屬貯水箱中去，这水箱是裝在用磚圍起來的磚石水塔的里面。水泵用以运轉的总的靜水头是等於35米。按照每口牲畜的用水定額，这農庄一晝夜所需要的水量如下：牛用水为70×348＝24立方米，犢牛用水为30×78＝2.3立方米，馬用水为50×28＝1.4立方米，而羊用水为10×460＝4.6立方米，总共为32.3立方米。

坡尔塔瓦州区的年平均風速是5米/秒。因而，風力水泵裝置的裝置功率应当等於

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{QH1000\cdot 2}{K_1\cdot 75\cdot \eta\cdot 3600\cdot 24}=\frac{32.3\cdot 35\cdot 2}{0.27\cdot 75\cdot 0.6\cdot 3.6\cdot 24}$$

$$=\frac{2260}{1070}=2.1\text{馬力}.$$

TB-5型風力發动机保証有这样的功率。但是，这功率只够汲取供給經常消耗和一个無風晝夜貯藏所需的水量。如果無風期持續到一晝夜以上，風力發动机便不能保証所需的貯水量。因此，在風力水泵裝置的附近应該設置备用發动机。在这集体農庄中，如果一連几天沒有風，每天需將牲畜赶到小河上去放牧一次。很可理解到，在这时候牛奶產量是要降低的。

坡尔塔瓦州馬塞夫区彼得罗夫斯基集体農庄，於1949年在其

畜牧場上裝設了 2 УНДИМД-10 型風力發动机。在这裝置上農庄化了 27 747 盧布。風力發动机是用來供应用水和运轉总的傳动軸的，切藁机和 ИК-3 型飼料碎磨机是从这个总傳动軸通过皮帶傳动裝置來帶动的。在具备 10 立方米的貯水箱和供水水头为 14 米的情况下，風力發动机充分地保証了用水的供应。除供水外，还加工了下列数量的飼料：

	1952年	1953年
飼料甜菜，公担	1700	2891
南　　瓜，公担	750	329
干　　草，公担	100	1500
苜　　蓿，公担	—	550

这農場养有牛 480 头、羊 300 头、猪 600 头、其中有 90 头是母猪。

具备的 12 馬力备用热力發动机僅僅是在無風的情况下才投入运轉的。

在坡尔塔瓦省馬塞夫区加里寧集体農庄中，从1950年起在供水、碾磨和飼料調制的工作上运用了 2 УНДИМ Д-10 型風力發动机。風力發动机在 38 米高的水头下把水从鑿井中汲入 10 立方米的貯水箱中去，这貯水箱是裝高为 1.5 米的木架上的。除供水外，在冬天風力發动机还通过傳动軸來帶动切藁机和碾磨机。六組磨盤的粉磨机是通过傳动皮帶直接接到風力發动机的減速器上的。

風力發动机保証了畜牧場工作的机械化，在这畜牧場里养有240头牛、50 匹馬、150 头羊、245 头猪，其中有 40 头是母猪。

对於这么多的牲畜，每晝夜要求有 31.4 立方米的用水。

在整晝夜 24 小时运轉的情况下，供水所需的平均功率是：

$$N_{c.p}=\frac{QH\cdot 1000}{75\cdot\eta\cdot 3600\cdot 24}=\frac{31.4\cdot 38}{270\cdot 0.6\cdot 24}=0.31\text{馬力}.$$

風力發动机的裝置功率应当等於

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{0.31}{0.27}\cdot 2\cong 2.30\text{馬力}.$$

这样，風力發动机的基本功率是在谷物的碾磨工作上消耗掉的。

坡尔塔瓦省坡尔塔瓦区巴巴寧切夫集体農庄，在 1952 年裝設了 TB-8 型風力發动机。在这个裝置上農庄总共化了 26 235 盧布，其中用在風力發动机上的是 11900 盧布，用在風力發动机安裝上的是 1170 盧布，用在开鑿水井上的是 9165 盧布，而用在 10 立方米的貯水箱上的是 4000 盧布。

風力發动机僅僅用來供应牧畜場的用水，在这牧畜場里养有500头猪、98 头奶牛、140 匹馬和 200 只家禽。

由这風力發动机汲上來的水，还有很多数量被使用在察帕也夫農業机械站。

風力發动机在 25 米的水头下把水汲入一只 10 立方米的貯水木箱中，这水箱是裝在高为 6 米的金屬貯水塔的上面。水从水箱自發地沿着輸水管流到四所畜舍。在这集体農庄中，还有另一部 TB-8型風力發动机，它是用來保証農場其它的畜舍用水的。管理兩部風力發动机，机师的工作按照 1.5 劳动日來計算。

即使在貯水箱容量不大，僅僅足够补償水量消耗不平衡的 10 立方米的情况下，風力發动机还是能够使畜牧場的用水得到充分的保証。農庄所备的馬力傳动裝置是很少使用的。这農庄使用風力發动机是完全恰当的。集体農庄主席 H.P. 庫金柯曾經說过："風力發动机是我們的財富，它們現在已經可靠地参加在集体農庄的生活之中，要是它們不轉了，我們就要处於非常困难的狀态"。

坡尔塔瓦省湼赫沃罗薩区馬林科夫集体農庄，为了供应畜牧場的用水，在 1953 年裝設了 TB-5 型風力發动机，在这畜牧場里养有下列数量的牲畜：乳牛 360、馬和犍牛 60、猪 360 和犢牛 300。

这許多牲畜在一晝夜中需用的水量是等於 44,400 升。

風力發动机在 34 米的水头下，把水汲入一只 25 立方米的金屬貯水箱中，而这水箱是裝在青貯料保藏室的里面。

以給定的水头汲取这样数量的水，对整晝夜 24 小时运轉的水泵裝置來說，要有平均功率：

$$N_{cp}=\frac{44400\cdot 34}{75\cdot 3600\cdot 25\cdot 0.6}=0.39\text{馬力}.$$

在供水工作上，所需的風力發动机的裝置功率应当等於：

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{0.39}{0.27}\cdot 2\cong 2.88\text{馬力},$$

如果在年平均風速为 5 米/秒的地区，用活塞冲程 400 毫米的 НП-95 型活塞式水泵來配合工作，ТВ-5 型風力發动机的功率是完全符合於这一数值的。

在坡尔塔瓦州坡尔塔瓦区馬列也夫鄉村苏維埃布金集体農庄中，为了供应牛乳場的用水，在 1952 年裝設了 ТВ-8 型風力發动机，在这牛乳場中一共养着 450 头牛，其中有 320 头是奶牛。

水被汲到一只容量为 10 立方米的貯水木箱和三只容量为 13 立方米的金屬貯水箱中去。这样，总的貯水量可达到 49 立方米。牲畜一晝夜的用水量大約是等於 23 立方米。

因此，这样的貯水容量可以为無風之日儲藏起兩晝夜的用水量同时，整晝夜运轉的水泵裝置的小时平均功率应当等於：

$$N_{cp}=\frac{Q.H\cdot 1000}{75\cdot 3600\cdot 24\cdot \eta}=\frac{23\cdot 33\cdot 1000}{75\cdot 3600\cdot 24\cdot 0.6}=0.195\text{馬力}.$$

風力發动机的裝置功率应当等於：

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{0.195}{0.27}\cdot 2=1.44\text{馬力}.$$

这样，对裝置功率为 6.4 馬力的 ТВ-8 型風力發动机來說，它是处在極低的負載之下运轉。以这農庄的供水工作而言，如用 ТВ-5 型風力發动机就可以得到充分的保証，而且这种發动机的价格比之 ТВ-8 型也便宜到 2 倍。

但是，在飼料調制的工作上，一部 ТВ-8 型風力發动机却是不够的。要使飼料車間机械化，那就要用兩部 10 仟瓦的 Д-12 型，或一部 20 仟瓦的 Д-18 型風力發动机。

在坡尔塔瓦州楚托夫区安特萊耶夫集体農庄中，於 1953 年在畜牧場上裝設了 ТВ-5 型風力發动机，这畜牧場里建有容納 110 头牛

的牛舍和540头猪的猪舍。

風力發动机是用來供应这些牲畜的用水的，而也有一部分用於切截塊根和剝落玉米的工作。

水以15米的水头被汲入裝在牛舍頂楼之中而容量为10立方米的貯水木箱里，再从这貯水箱流到自动的餵水器。

水每晝夜的消耗量是等於31 500升。

在供水水头为15米和整晝夜24小时运轉的情况下，所需的平均功率是：

$$N_{cp}=\frac{31500\cdot15}{75\cdot3600\cdot24\cdot0.6}=0.125\text{馬力}.$$

同时，在具备兩晝夜的貯水量的情况下，風力發动机的裝置功率应当等於：

$$И_{y}=\frac{N_{cp}}{0.27}\cdot2=\frac{0.125\cdot2}{0.27}=0.93\text{馬力}.$$

这样，在供水工作上，風力發动机的功率只用掉$\frac{0.93}{6.4}\cdot100=14.5\%$。

在这种情况之下，採用TB-8型風力發动机是不对的。这样的用水量如用TB-5型風力發动机就可以完全得到保証，而且这种發动机比之TB-8型風力發动机差不多要便宜到2倍。

坡尔塔瓦州涅赫沃罗薩区斯大林集体農庄，自1936年起(18年)便运用了TB-8型風力發动机。它使牲畜总数为：猪400头其中包括55头母猪、馬40匹、奶牛42头和羊280头的畜牧場的用水得到了保証。

風力發动机在30米的水头下把水汲到裝在地上容量为3立方米的貯水箱中去。在这样小的水箱容量下，風力發动机只能保証有風之日的日常用水。除供水外，風力發动机还帶动二組磨盤的粉磨机，而每年可碾制90噸的粮食。風力裝置給農庄省下了大量的汽油，这些汽油如用汽油發动机來运轉磨盤進行碾磨工作的話就要消耗了的。每公担面粉要用10公斤的汽油，因而，在90噸粮食的加工上就

要消耗 9 噸汽油。每噸汽油，農庄就要化去 600 盧布。这样，在碾磨工作上，風力發动机每年可替農庄節省下 5400 盧布。

在坡尔塔瓦州涅赫沃罗薩区列寧集体農庄中，裝有 4 部風力發动机，其中兩部为 TB-8 型，一部为 TB-5 型，而另一部为 УНДИМ Д-10 型。

TB-5 和 TB-8 型風力發动机是用來供水的，而 УНДИМ Д-10 型是用來做供水、碾磨和切截青貯料等工作的。为了貯水，在一組 TB-5 和 TB-8 型風力發动机附近裝有 5 立方米和 25 立方米的兩只貯水箱，而在另外的兩部風力發动机附近裝有兩只 10 立方米的貯水箱。这样，总貯水量是等於 50 立方米。每晝夜的水消耗量是等於 51.5 立方米。

所設的風力發动机可充分地保証这一農庄全部牲畜用水的供应，同时也可保証粗飼料的加工工作。

庫尔斯克州里果夫区的"劳动者"集体農庄，在供水和黍臼的工作上，从 1937 年起就使用了 TB-8 型風力發动机。風力發动机帶动 $d=145$ 毫米的活塞式水泵，而以 75 米的靜水头把水从鑿井中汲上來，送到一只容量为 30 立方米的貯水池中去，这貯水池是在地面上挖成的。水是从这水池中由人手取出，再用水桶送到各个畜舍去的。养猪場的用水則取自塞烈基諾湖。这样，在这農庄中，風力發动机僅僅是用來將水从深井中提升到地面上來，因而不得不用人力陸續地把它送到各个用戶去。

建造貯水塔就可大大地減少为畜舍送水的人力浪费。

在畜牧場里养有 143 头牛、45 匹馬和 200 头羊。所需的水量：

乳牛舍	70 × 143 = 10010立升
馬　舍	50 × 45 = 2250立升
羊　舍	10 × 200 = 2000立升
总　計	14260立升。

供应这数量的用水，水泵裝置所需的平均功率在晝夜以 75 米的水头运轉的情況下是：

$$N_{cp}=\frac{14260\cdot 75}{75\cdot 3600\cdot 24\cdot 0.6}=0.276\text{馬力}.$$

在年平均風速为 5 米/秒而貯水要有兩晝夜的用水量的情况下，風力發动机的裝置功率应当等於：

$$N_y=\frac{N_{cp}}{K_1}\cdot 2=\frac{0.276}{0.27}\cdot 2=2.06\text{馬力}.$$

但是，TB-8 型風力發动机的裝置功率是等於 6.4 馬力。因此，用在黍臼上的功率是

$$N_{пр}=6.4-2.06=4.34\text{馬力}.$$

关於風力裝置在農業中的应用究竟可以作出怎样的結論呢？

工業供应農業以風力發动机，目前还是不够的，而且它們的应用也僅僅是在供水和碾磨方面。同时，在大多数的情况下，为供水工作而裝設的風力發动机的功率比所需的要超出好几倍，这可以說是由於工業所生產出來的标准大小的風力發动机数量不多的緣故。在用 TB-3 型風力發动机而功率完全足以供应用水的場合，却裝設了 TB-5 型或 TB-8 型，而且个别的还有在其他負載一点也沒有的情况下，採用了 УНДИМ Д-10 型或 TB-8型風力發动机來做供水的工作。后面兩种型式的風力發动机运用於負載較大的飼料車間是很合適的。这些風力發动机在較好的条件下还可用來碾磨飼料谷物。集体農庄在其所管轄的各个村庄里都設有工作隊，因而，主要用在畜牧場里的風力發动机应該是：在某一情况下能够用以做供水工作，而在另一情况下能够用以做碾磨工作和切截草料，或者同时做这兩种工作（見圖 35 和圖 36）。

有些農庄使用風力發动机是極不合理的。例如，徹尔尼科夫州盧別契夫区巴甫洛夫村加里寧集体農庄，还是在 1934 年已經在其農場中裝設了 TB-5 型風力發动机來担負供水的工作。經过了 8 年工夫，風力發动机一直是在沒有裝备貯水箱的情况下运轉的。因此，在冬天它不能使牲畜（80 匹馬，40 头牛，300 头猪）的用水得到保証，不足够的水是用手从别的水井中取得的。但是，如果裝了安置在某一

定高度的貯水箱，那末这風力發动机顯然就可以使農場的用水充分地得到保証。由於沒有貯水箱，只得把人力作为風力發动机的后备而浪費掉，这不僅在無風时这样，就是有風而因为風力發动机不能补偿水量最大的消耗时也是这样，这農庄对貯水箱的必要性顯然是估計不足的，如果有貯水箱而節約了用手來汲水，那末水箱本身費用在一年內便可以补償。

在坡尔塔瓦州盧罗列区新阿布拉莫夫村的“馬鞭草”集体農庄中，为了供应 520 头牛和 420 头羊的畜牧場的用水，裝設了 TB-8 型風力發动机。在風力水泵裝置附近建造了貯水量为 27 立方米的貯水塔。水从貯水塔沿着輸水管流到牛舍里的自动餵水器去。在这農庄中还有自备的 30 仟瓦的發电站，而且在村庄上就是保証鄰近集体農庄的碾磨工作的國营磨坊。虽然如此，这農庄在經济上不僅合理地利用了 TB-8 型風力發动机，而且还買到了 Д-12 型風力發动机來担負飼料車間的和副業生產的工作。

正确組織运用風力裝置，可使它在經济上比之其他非風力的动力裝置要來得更有利。

現在，工業正在生產25立方米的金屬貯水箱。这种貯水箱在農庄里是非常需要的。有了它，貯水就有可能，而且在个别情况下，有了它还可以省去备用發动机。

風力裝置的建立費用，在各个集体農庄里是不一样的。这是由於这种工作的劳动开支沒有一定的定額。管理人員的劳动报酬也不相同。風力裝置管理上的劳动开支，尙未建立定額。在那些只裝着一部風力發动机的農庄中，管理費用就更其高。

風力發动机是需要經常維护的，但是，这並不是說机师应該整天看住它。經常清擦，小心檢查堅固程度，开动風力發动机或当不用时把它停轉等操作是必需的。这些操作在一部發动机上所化的时間每晝夜应該不多於兩小时。这样，机师在整个工作日中可以照顧四部 TB-8 型或 ВУД-10 型風力發动机。对其它裝置，这个定額必須按照風力發动机的型式予以增減。在支付机师的劳动报酬时，应該根据

这个定額出發。風力發动机的小修和大修費用，应当根据進行修理者的工作內容來确定。为了鼓励管理風力發动机的机师对風力發动机所做的优秀的維护工作，必須建立劳动报酬的奬金制度，这使优秀的工作將有所鼓励。

因为集体農庄都有着好几个庄園，而其中的牲畜数目和水源情况都是不同的，同时農庄的工作性質也不一样，所以在農業中应用的風力發动机必須有各种不同的型式，而它們的功率从 1 馬力至 15 馬力也各不相等。

推荐去生產的風力發动机是完全能够適用於集体農庄的。

許多集体農庄，即使在不正确地运用風力發动机的情况下，每年还是能够獲得五千至一万盧布的收入。如果正确地考慮經济效果而按照运行方式來安排風力發动机的話，集体農庄的收入以及劳动力的節省就会大大地提高。

中科院植物所图书馆
S0019807

65.48
122
文七刀和
风力在农业中的应
用
35/0225
黄 95 岩 495.3.3

65.48
122
9510225
35/0225

統一書號：16031 · 46
定　　價：0.55 元